

ปริญญาโทปีการศึกษา 2536

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดระยะทางด้วยแสง (OPTICAL RANGE METER)

ผู้จัดทำ

1. นาย กิตติพงษ์ ประจันตุม
2. นาย ชัยรัตน์ ทิมเสนีย์
3. นาย วิชัย อมตมัทธนะ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สัมพันธ์ เชียร์ศิริกุล)

เครื่องวัดระยะทางด้วยแสง

OPTICAL RANG METER

โดย นาย กิตติพงษ์ ประจันตุม
นาย ชัยรัตน์ ทิมเสนีย์
นาย วิชัย อมตมัทธนะ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ สมศักดิ์ เขียวศรีศิริกุล

บทคัดย่อ

การวัดระยะทางด้วยแสงเป็นการประยุกต์ใช้งานทางแสงอย่างหนึ่ง
โครงการนี้ประกอบด้วยชุดส่งและรับสัญญาณแสงอินฟราเรด หลักการคือยิง
แสงอินฟราเรดออกจากเครื่องส่งไปกระทบเป้าหมายแล้วสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ
แล้วจึงนำสัญญาณที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเฟสสัญญาณส่วนนำไปคำนวณโดยไมโคร
โปรเซสเซอร์แล้วแสดงผลออกมา โครงการนี้ใช้สำหรับการวัดในระยะเวลาใกล้

ABSTRACT

THE CONCEPT OF THIS OPTICAL RANG METER IS THAT LIGHT
WAS SENT FROM THE TRANSMITTER TO THE SURFACE. THIS LIGHT
THEN REFLECT BACK TO THE RECEIVER. VIA THE AIR. THE
RECEIVED LIGHT HAS A PHASE SHIFT COMPARE TO THE INITIAL
LIGHT FROM THE TRANSMITTER. WE USE THE MICROPROCESSOR TO
COMPUTE THIS PHASE SHIFT AND THE RESULTS THE DISTANCE
BETWEEN SURFACE AND TRANSMITTER

คานา

รายงานฉบับนี้แสดงโครงการงานเครื่องวัดระยะทางด้วยแสง (OPTICAL RANK METER) ซึ่งเป็นรายละเอียดงานปีการศึกษา 2536 เป็นส่วนหนึ่งของวิชา PROJECT I, II ซึ่งจะทำการศึกษาลักษณะและวงจรที่ใช้เป็นส่วนประกอบของโครงการงานนี้ เช่น วงจร OSCILLATOR, วงจร MIXER เป็นต้น

คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงการงานนี้คงมีประโยชน์ต่อผู้สนใจบ้างพอสมควร หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้จัดทำต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เสนอ

อ.สมศักดิ์ เชียงศิริกุล

จัดทำโดย

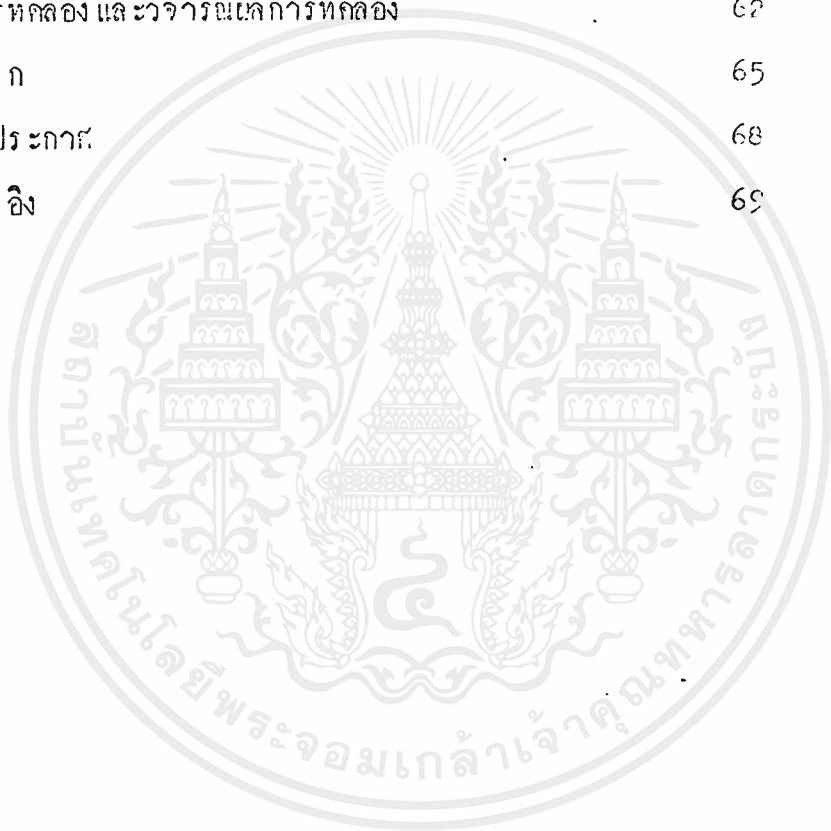
นาย กิตติพงษ์ ประจันตุม

นาย ชัยรัตน์ ทิมเสนีย์

นาย วิชัย อมตมัทธนะ

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	2
บทที่ 3 การออกแบบวงจรในภาคต่าง ๆ	35
ผลการทดลอง	61
สรุปผลการทดลอง และวิจารณ์ผลการทดลอง	62
ภาคผนวก ก	65
กิตติกรรมประกาศ	68
หนังสืออ้างอิง	69

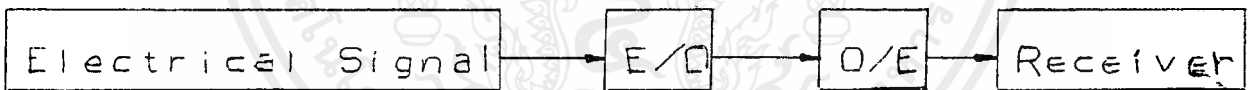


บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านแสง ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น การวัดระยะทางด้วยแสงอินฟราเรด (Infrared) ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่นำมาใช้งาน ซึ่งให้ความเที่ยงตรงในการวัดสูง

เนื่องจากแสงมีความเร็วคงที่ประมาณ 299,792,458 เมตรต่อวินาทีในสุญญากาศและเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากถึงระดับ 10^{14} Hz ซึ่งสูงเกินกว่าที่วงจรรีเส็คทรอนิกส์จะทำงานได้ทัน ดังนั้นในระบบการรับส่งสัญญาณจึงอาศัยการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงมาใช้งานแทนที่ ทางด้านเครื่องส่งจึงมีอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงและที่ทางด้านเครื่องรับก็จะมีอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงกลับมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าดัง Block Diagram ข้างล่างนี้



รูปที่ 1-1 Block Diagram ของระบบ Optical

E/O คือ ตัวเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง (Electrical to Optical Converter)

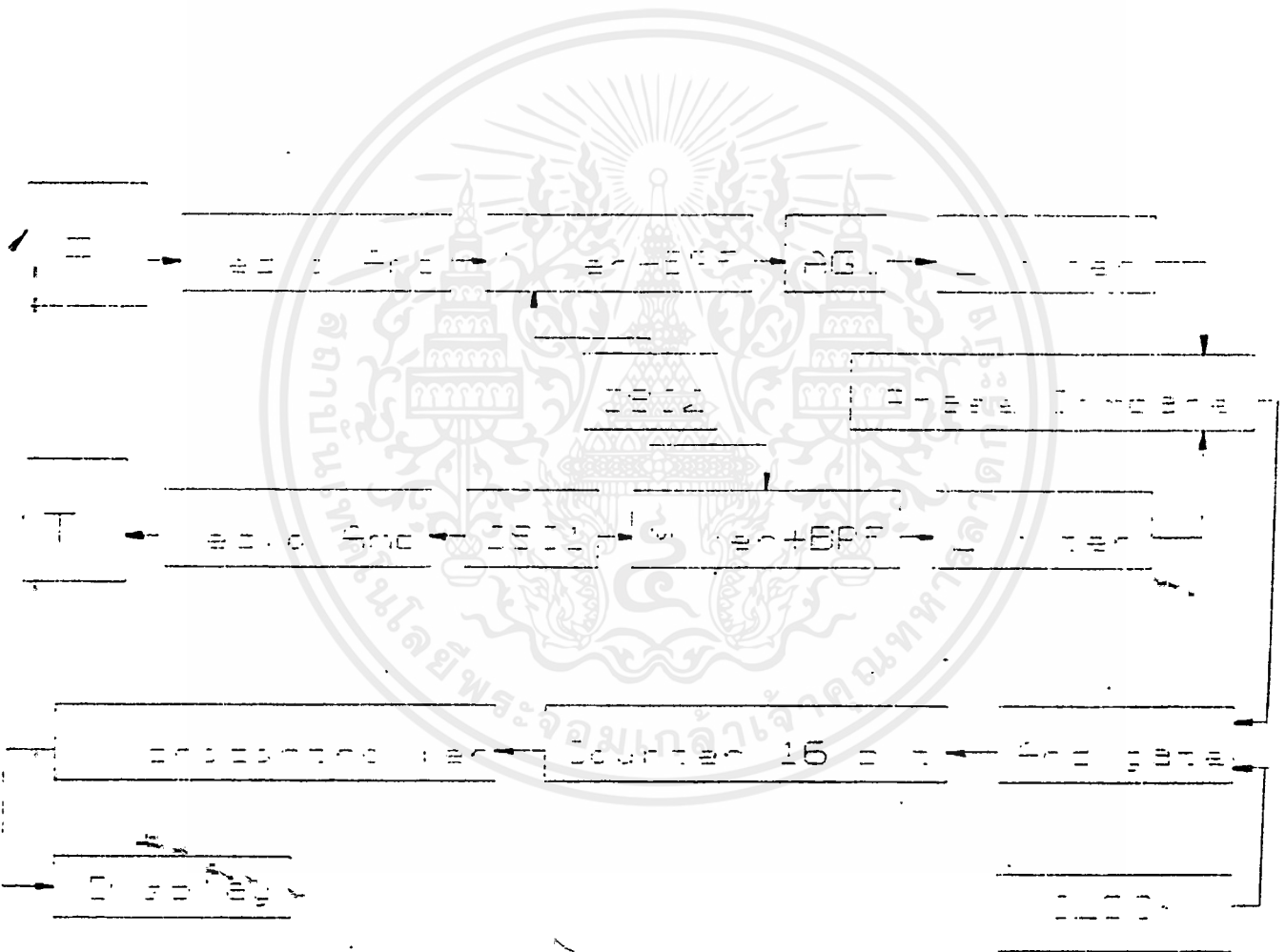
O/E คือ ตัวเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า (Optical to Electrical Converter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

สำหรับเครื่องวัดระยะทางด้วยแสงนี้ประกอบด้วยส่วนต่างๆ สามารถเขียน
เป็น Block Diagram ดังรูป



รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบต่าง ๆ ของ โครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก Block Diagram อธิบายการทำงานได้ดังนี้

Oscillator 1 ผลิตความถี่ค่าหนึ่ง ในที่นี้ใช้ความถี่ 15 MHz จะถูก Modulate กับสัญญาณแสงแล้วส่งออกไปเป็นสัญญาณแสงที่ตัวส่งซึ่งใช้ Laser Diode ในการขับ เมื่อสัญญาณแสงตกกระทบกับวัตถุจะสะท้อนกลับมายังตัวรับ ที่ตัวรับนี้จะมีการเปลี่ยนพลังงานแสงกลับมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อจะถอดเอาสัญญาณ 15 MHz ออกมาโดยที่เฟส (Phase) ของสัญญาณนี้จะมีเฟสตามสัญญาณที่ภาคส่งอยู่เท่ากับ ϕ ภาค Mixer การเปรียบเทียบเฟสระหว่างสัญญาณที่ส่งไปและสัญญาณที่รับมาได้นั้นเป็นไปได้อย่างเนื่องจากสัญญาณมีความถี่สูง ดังนั้นจึงใช้วิธี Heterodyne โดยการผสมสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำลงมา โดยสัญญาณใหม่นี้จะยังคงมีเฟสเท่าเดิม แล้วจึงนำสัญญาณนี้ไปวัดความแตกต่างต่อไป

จากรูปใน Block Diagram ที่ Oscillator 2 ผลิตความถี่แตกต่างกับ Oscillator 1 อยู่ 2 KHz ทั้งนี้เพื่อที่จะนำสัญญาณทั้งสองเข้ามาผสมกันและนำสัญญาณ 2 KHz ไปใช้งานโดยที่ Mixer 2 ผสมสัญญาณที่รับเข้ามากับ Oscillator 2 ได้ IF ออกมา

Mixer 1 ผสมสัญญาณที่รับเข้ามากับ Oscillator 2 ได้ IF ออกมา

Mixer 1 ผสมสัญญาณที่ตัวส่งกับ Oscillator 2 ได้ IF ออกมาจากจุดนี้จะเห็นว่าสัญญาณ IF จะมีเฟสตาม IF อยู่เท่ากับ ϕ เช่นกัน

สัญญาณจากภาครับอาจมีระดับสัญญาณไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับระยะทางที่แสงเดินทาง ดังนั้น IF จึงต้องผ่าน AGC - Amp เสียก่อนเพื่อรักษาระดับสัญญาณให้คงที่

IF และ IF จะผ่านวงจร Zero Crossing Detector เพื่อจะเปลี่ยนสัญญาณให้มาเป็น Square Wave ซึ่งจะนำมาวัดหาผลต่างเฟสโดยการเปรียบเทียบในวงจรลอจิก ไปเป็น Pulse ของความต่างเฟส

ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pulse ของความต่างเฟสถูกนำมา AND กับสัญญาณ clock ความถี่สูงได้ output ของ AND-Gate ไปเป็น clock ให้แก่ Counter 16 bit หมายถึงในช่วงที่มีพัลส์ของความต่างเฟส Counter จะนับจนกระทั่งสิ้นสุด Pulse จึงหยุดนับ

Microcontroller จะอ่านค่าจาก Counter หลายๆค่าแล้วนำมาประมวลผล หลังจากนั้นจะได้ผลลัพธ์เป็นค่าของระยะทางแล้วแสดงผลออกมา

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงหลักการของเครื่องวัดระยะทางด้วยแสงและทฤษฎีของแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับสัญญาณแสง



จากรูป เมื่อส่งสัญญาณมีค่า $\sin(\omega t - \phi)$ ออกไป โดยที่ $\phi = \omega t_0$
 หลังจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไป t_0 วินาที สัญญาณนี้กลับมาถึงตัวรับในขณะเดียวกัน
 สัญญาณที่ตัวส่งจะมีค่าเป็น $\sin(\omega t - \phi + \phi) = \sin \omega t$ ซึ่งแสดงว่า เฟสของสัญญาณ
 ภายที่ตัวรับตามเฟสของสัญญาณที่ตัวส่งอยู่ ϕ โดยที่ $\phi = \omega t_0$ และ $\phi < 2\pi$ ถ้า
 หากรู้ค่าอัตราเร็วของสัญญาณและรู้ค่าความถี่ของสัญญาณนี้จะทำให้สามารถหาระยะ
 ทางได้คือ

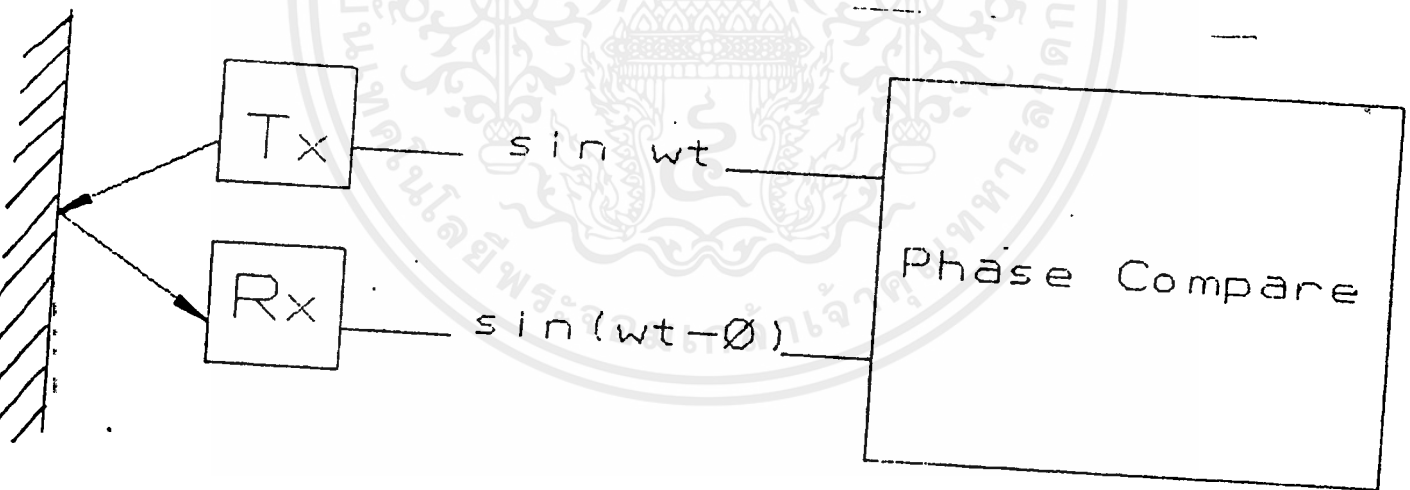
กำหนด $v = s/t$; อัตราเร็วของสัญญาณ (m/s)
 $f = v/\lambda$; ความถี่ของสัญญาณ (Hz)
 $\phi = \omega t_0$
 $t_0 = \phi/\omega$
 แทนค่า $s = vt_0$
 $= v \cdot \phi/\omega$
 $= (v/f) \cdot (\phi/2\pi)$; $\omega = 2\pi f$
 $s = \lambda \phi/2\pi$

ซึ่งค่า ϕ จะมีค่าระหว่าง $0 - 2\pi$ ทำให้ระยะทางที่ได้จะมีค่าตั้งแต่ $0 - 2\lambda$
 และเนื่องจากระยะทางที่ได้นี้เป็นระยะทางที่แสงเดินทางไปและกลับ ดังนั้นระยะ
 ทางที่วัดได้จริง ๆ จึงมีค่า $0 - \lambda/2$ ตัวอย่างเช่น สัญญาณที่ส่งมีความถี่ 15 MHz
 โดยใช้แสงเป็นตัวนำพาไป ซึ่งแสงมีความเร็ว $2.998 \cdot 10^8$ เมตรต่อวินาที
 ดังนั้นจะมีความยาวคลื่นเท่ากับ 20 เมตร จึงวัดระยะทางได้ระหว่าง $0 - 10$
 เมตร ถ้าหาระยะทางเกิน 10 เมตร จะทำให้ผลต่างเฟสเกิน 2π เวรเดียน ซึ่งจะ
 ไม่สามารถวัดได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้นฉบับนี้ถึงเจ้าเมือง รอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการวัดระยะทางด้วยแสง

หลักการโดยทั่วไป

เนื่องจากการวัดระยะทางจะใช้เทคนิคของการวัดเฟส (phase) เป็นพื้นฐาน โดยจะใช้วิธีส่งสัญญาณที่เป็นรายคาบ (period signal) ออกไปโดยใช้แสงเป็นตัวนำพาสัญญาณ เมื่อสัญญาณนั้นไปกระทบกับวัตถุและจะสะท้อนกลับมาจากตัวรับ นำสัญญาณที่ตัวรับแสง (receiver) รับได้มาเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ส่งออกไป สัญญาณทั้งสองนี้จะมีค่าเท่ากัน แต่จะมีความแตกต่างทางเฟสเกิดขึ้น แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.2 หลักการวิเคราะห์แอมพลิจูดการเปรียบเทียบเฟสของสัญญาณภาคส่งและภาครับ

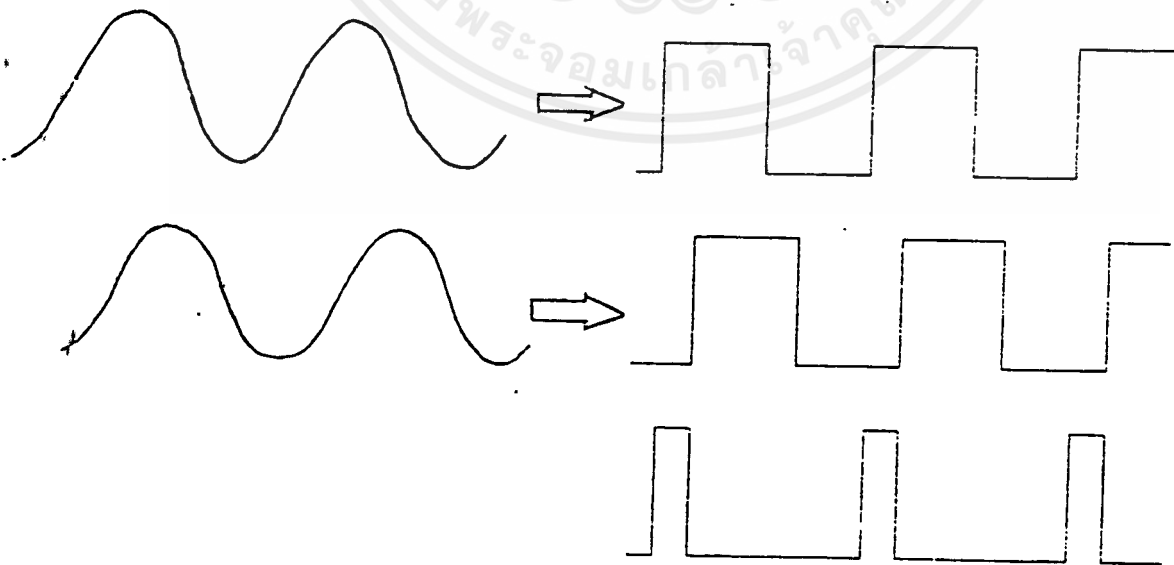
ทำให้ผลต่างเฟสเกิน 2π เรเดียน ซึ่งจะทำให้ผลการวัดไม่ถูกต้อง

หลักการวัดความต่างเฟส

ในการวัดความต่างเฟสมีขั้นตอนใหญ่ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นแรกนำสัญญาณทั้งสองที่ต้องการวัดความต่างเฟสมาสร้างสัญญาณพัลส์ของความต่างเฟสก่อนและขั้นตอนที่สองคือนำพัลส์ของความต่างเฟสมาแปลงเป็นค่าตัวเลขระยะทาง

1. การสร้าง Pulse ของความต่างเฟส

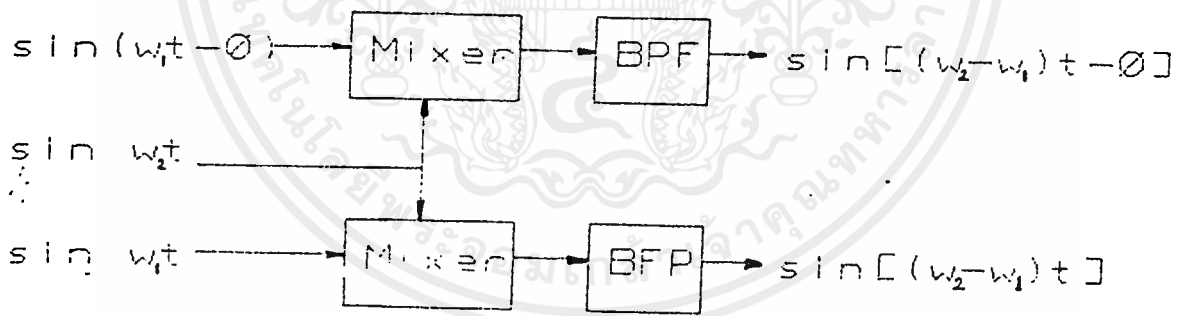
ทำการแปลงสัญญาณทั้งสองที่ต้องการเปรียบเทียบเฟสและวัดค่าความต่างเฟสให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม แล้วนำสัญญาณสี่เหลี่ยมทั้งสองสัญญาณมาเข้าที่ขาสัญญาณเข้าของวงจรถ่ายรูป ซึ่งจะได้ออกเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมโดยที่ความกว้างของสัญญาณแปรผันตามความต่างเฟสของสัญญาณทั้งสอง แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดง ความต่าง เฟสของ สัญญาณภาคสัง และภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยวิธีนี้ จะพบว่าในกรณีที่สัญญาณมีความถี่สูงมากเช่น 15 MHz เราจะสามารถหาความต่างเฟสของสัญญาณได้ เนื่องจากขีดจำกัดของอุปกรณ์ Gate ต่างๆ เราจึงต้องหาวิธีทำให้สัญญาณดังกล่าว มีความถี่ต่ำลงเสียก่อน โดยที่ค่าความแตกต่างเฟสของสัญญาณทั้งสองยังมีค่าเท่าเดิม จากความต้องการดังกล่าวมีวิธีทำได้คือ ใช้วิธี Heterodyne โดยนำสัญญาณความถี่สูงนั้นมาเข้าวงจร Mixer โดย Mix กับสัญญาณที่มีความถี่ใกล้เคียงกัน จะได้ output เป็นสัญญาณที่มีความถี่ผลต่างของสัญญาณทั้งสองซึ่งจะมีค่าต่ำลงมา แล้วจึงนำสัญญาณนี้ไปหาความต่างเฟสโดยวิธีข้างต้นต่อไป



รูปที่ 2.4 แสดง สมการของสัญญาณที่ผ่านมิกเซอร์และแบนด์พาสฟิลเตอร์

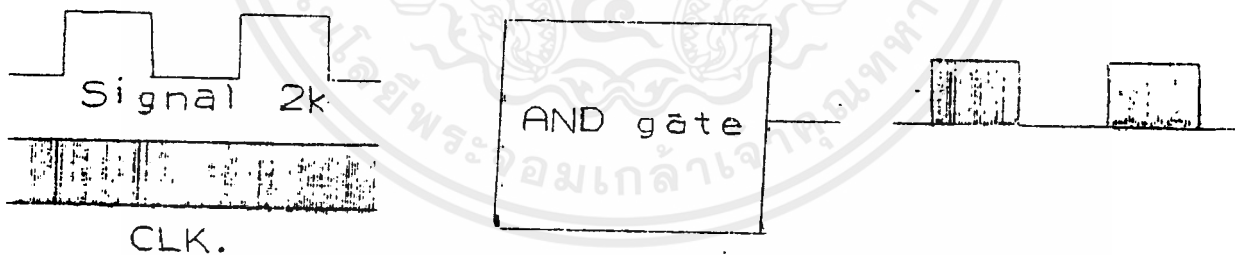
จากรูปจะเห็นว่าสัญญาณที่ output ของ Mixer เป็นสัญญาณที่มีความถี่เป็นความถี่ผลต่างของ ω_1 และ ω_2 โดยที่สัญญาณข้างบนยังมีเฟสตามอยู่เท่ากับ ϕ เท่าเดิม

ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2. การนำ pulse ของความแตกต่างเฟสแสดงผลเป็นตัวเลขของระยะทาง

หลักการของขั้นตอนนี้เป็นบ่อนสัญญาณ clock ให้ counter โดยตั้งค่าเริ่มต้นของ counter ให้เท่ากับศูนย์ในช่วงที่ pulse ความแตกต่างเฟส OFF และเมื่อ pulse ความต่างเฟส on ถ้าให้ counter ทำการนับที่ความถี่ clock จนกระทั่งเมื่อ pulse ของความต่างเฟสกลับลงมาเป็น OFF , counter จึงหยุดนับ ซึ่งค่าตัวเลขของ counter นี้จะถูกส่งไปยัง Microcontroller เพื่อทำการประมวลผลและแสดงผลออกมาเป็นระยะทาง โดยวิธีนี้ Microcontroller จะอ่านค่าหลายๆค่า แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยก่อนที่จะแสดงผล เพื่อป้องกันและลดความผิดพลาดสัญญาณความแตกต่างเฟส



รูปที่ 2.5 แสดง ผลลัพธ์ผลต่าง ของ สัญญาณที่นำมา AND กับสัญญาณ CLOCK

แหล่งกำเนิดแสง

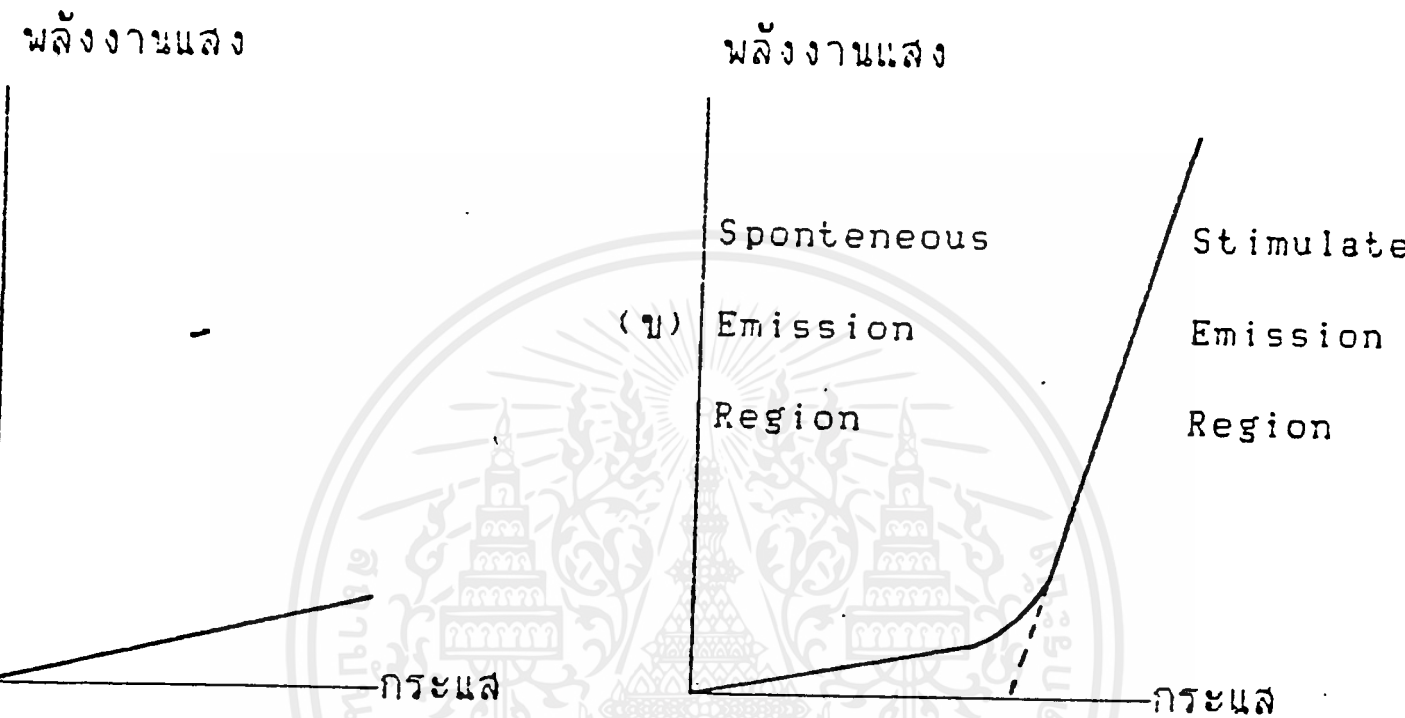
แหล่งกำเนิดแสง สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าในรูปของกระแสเป็นพลังงานแสง(light) ซึ่งมีอยู่ 2 แบบที่เรานำมาพิจารณาใช้ในส่วนของการส่งสัญญาณคือ

ก) แอลอีดี (Light Emitting Diode,LED)

ข) เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode),LD)

เลเซอร์ไดโอด จะให้คลื่นแสงที่เป็นระเบียบและมีทิศทางเดียวกันมากกว่า LED ทั้งนี้เนื่องจาก โครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดมีระนาบของ Mirror ทำให้เกิดการบ่อนกสลับทางแสง (Optical Feedback) และการเกิดสภาวะ Population Inversion ทำให้สเปกตรัม (Spectrum) ของแสงที่ได้จากเลเซอร์ไดโอดแคบและพลังงานแสงที่เปล่งออกมาจะสูงกว่าแอลอีดี โดยมีลักษณะของลำแสงเป็นแบบ Gaussian Beam

พิจารณาพลังงานแสงเปรียบเทียบกับกระแสที่ไหลผ่านแอลอีดีและเลเซอร์ไดโอดดังรูป



รูปที่ 2.6 แสดงพลังงานแสงที่เปล่งออกมาเปรียบเทียบกับกระแสในจุดมคติ

- ก) แอลอีดี
- ข) เลเซอร์ไดโอด

จะเห็นว่าเลเซอร์ไดโอดจะทำงานเหมือนแอลอีดี เมื่อป้อนกระแสให้ไหลผ่านตัวเลเซอร์ไดโอดไม่เกินกระแสเทรชโฮลด์ (Threshold Current) ในความเป็นจริงในบริเวณนี้ (Spontaneous Emission Region) แอลอีดีจะเปล่งแสงออกมาเป็นเชิงเส้น (Linear) มากกว่าเลเซอร์ไดโอด ดังนั้นจึงเหมาะสมสำหรับการส่งสัญญาณแบบอนาล็อก (Analog) แต่ก็ยังใช้เทคนิคเพื่อให้อสงออกจากแอลอีดีเป็นเชิงเส้นมากขึ้น เช่น วิธีป้อนกลับสัญญาณทางลบ (Negative Feedback)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเลเซอร์ไดโอดคือ ให้พลังงานแสงที่เปล่งออกมาสูง การกระจายของแสงและการสูญเสียของพลังงานต่ำกว่าแอลอีดีเมื่อส่งสัญญาณผ่านบรรยากาศ ถึงแม้ว่าเลเซอร์จะมีข้อดีมากแต่การใช้งานค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากเลเซอร์ไดโอดมีราคาแพงจึงต้องมีอุปกรณ์ช่วย เช่น วงจรควบคุมกระแส วงจรควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและอายุการใช้งานนานขึ้น โดยอายุการใช้งานของเลเซอร์ไดโอดจะแปรผกผันกับกระแสที่ไหลผ่านตัวมันกับอุณหภูมิเป็นเคลวิน

เพื่อป้องกันกระแสผ่านเลเซอร์ไดโอดเกินกระแสเทอร์สโวลต์ ทำให้เลเซอร์เปล่งแสงเลเซอร์ออกมา ซึ่งอยู่ในบริเวณ Stimulated Emission Region ดังรูปข้างบน

ตัวรับสัญญาณแสง (Photo Detectors)

ตัวรับสัญญาณแสงทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นกระแสไฟฟ้ามีแบบพื้นฐานอยู่ 2 แบบ เพื่อใช้งานที่ความถี่สูงในภาครับสัญญาณแสง

ก) p-i-n โฟโอดีไดโอด (p-i-n Photodiode)

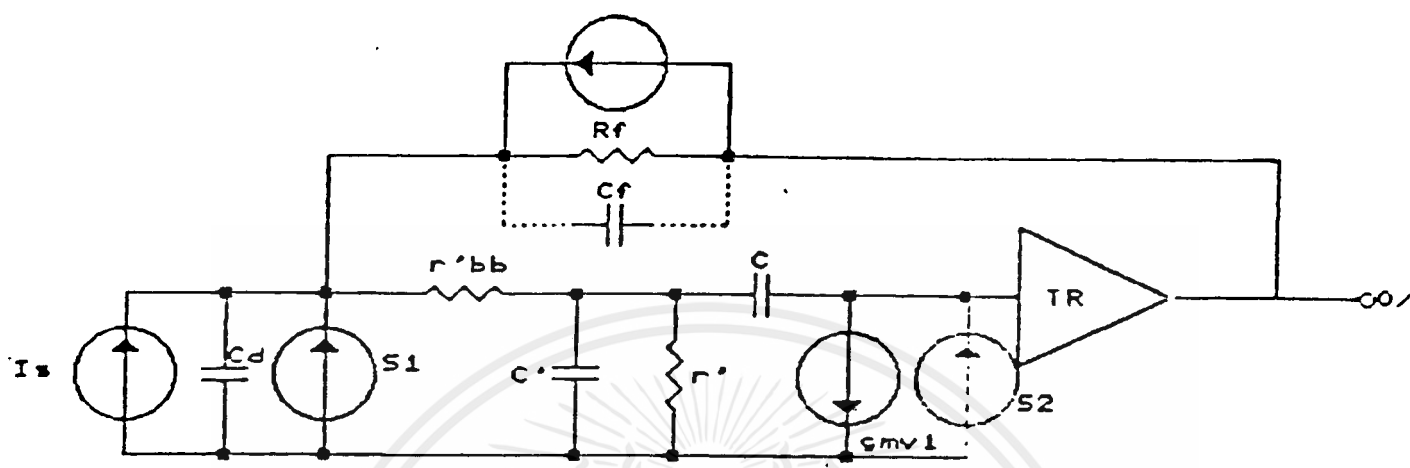
ข) อวาลานซ์โฟโอดีไดโอด (Avalanche Photodiode, APD)

คุณสมบัติที่สำคัญของโฟโอดีดีเทคเตอร์ (Photo Detectors)

ก) Quantum Efficiency เท่ากับจำนวนคู่อิเล็กตรอน-โฮล (Electron-Hole) ที่เกิดขึ้นต่อพลังงานแสง (Photon) ที่ตกกระทบ

ข) ความเร็วของการตอบสนอง (Speed of Response) สำหรับซิลิกอน p-i-n โฟโอดีไดโอด (Silicon p-i-n Photodiode) บริเวณดริฟท์ Drift Region 50 μm ความเร็วของการตอบสนอง 0.5 ns ที่ High Quantum Efficiency มีค่าประมาณ 0.8 - 0.9 μm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่ายโดยไม่ขออนุญาตจากหน่วยงานต้นทาง
การณีนของ APD ความเร็วของการตอบสนองจะถูกจำกัดตามค่ายัตราขยาย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TR = ทรานส์อิมพีแดนซ์ของภาคขยายสัญญาณที่สอง

รูปที่ 2.9 แสดงแบบจำลองของสัญญาณรบกวนในวงจร

จากรูปข้างล่างนี้ จะได้ทรานส์เฟอร์ฟังก์ชัน (Transfer Function) ของวงจรขยายสัญญาณนี้ (โดยให้ $r'_{bb} = 0$) เป็น

$$Z_C(S) = \frac{A_0 R_{eff}}{1 + (S R_{eff} / R'_f)(t_c + C_t R'_f) + S_2 t_c C'_t R_{eff}}$$

โดยที่

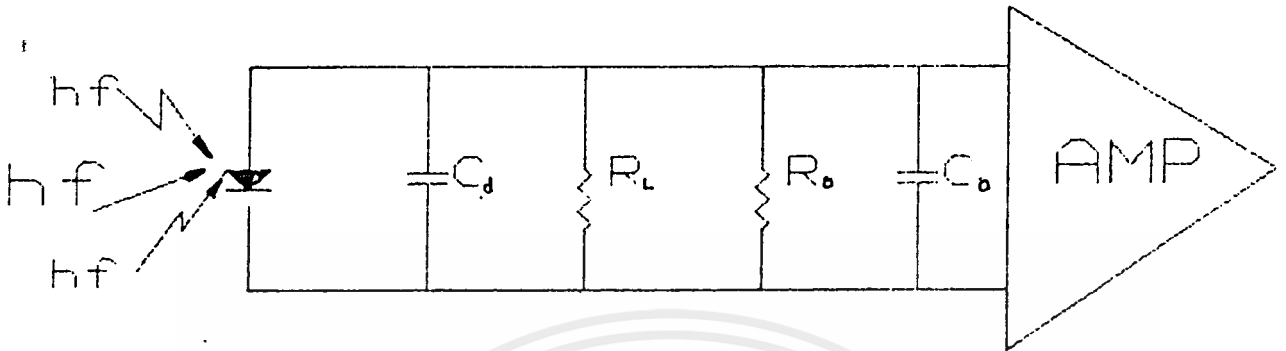
$$R_{eff} = \frac{r R_f / (1 + A_0)}{r + R_f / (1 + A_0)}$$

$$R'_f = \frac{R_f r}{R_f + r}$$

C_t = ค่าอินพุตคาปาซิแตนซ์ลูปปิดสูงสุดของวงจรขยาย

(Amplifier Total Closed-loop Input Capacitance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ขาดเห็นชอบระเบียบด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรสมมูลย์ของภาควิทยาสัญญาณแสง

จากรูป ถ้าใช้ p-i-n ไดโอด โดยปกติสัญญาณรบกวนซึ่งเกิดจากโหลด R_L และวงจรขยายสัญญาณจะมีค่ามากกว่าสัญญาณรบกวนที่มาจากสัญญาณแสง (Photon) มาก เขียนสมการ Signal Common Noise Ratio, SCNR ได้

$$S/N = \frac{2(P_0 n q / h \nu)}{4KT B / R_L}$$

P_0 = พลังงานแสงที่ตกกระทบบ

n = Quantum Efficiency

h = ค่าคงที่ของพลังค์ (Plank 's Constant)

ν = ความถี่ของคลื่นแสง

B = แบนวิดท์ (Bandwidth) ของสัญญาณรบกวน

q = ค่าประจุ (Electronic Charge)

T = อุณหภูมิ (K)

K = ค่าคงที่ของ Boltzman

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{min} = \frac{h\nu}{qn} \cdot \sqrt{(2KTB)} R_L$$

สำหรับ APD แล้วจะได้

$$P_{min} = \frac{h\nu}{\langle M \rangle qn} \cdot \sqrt{(2KTB)} R_L$$

ซึ่งจะเห็นว่า ในกรณีที่สัญญาณรบกวนของโหลด R_L และวงจรมายาสัญญาณมากกว่าสัญญาณรบกวนจากพลังงานแสง APD จะใช้งานได้ดีกว่า p-i-n ไดโอดซึ่งสามารถรับสัญญาณที่มีพลังงานต่ำสุด (P_{min}) ต่ำกว่าถึง $1/M$ เท่า

ในทางตรงกันข้าม ถ้าสัญญาณรบกวนที่มาจากสัญญาณแสงมากกว่าสัญญาณรบกวนที่มาจากโหลดและวงจรมายาสัญญาณ จะได้

$$S/N = \frac{2(P_{0n}q/h\nu)^2}{3q^2nBP_0/h\nu}$$

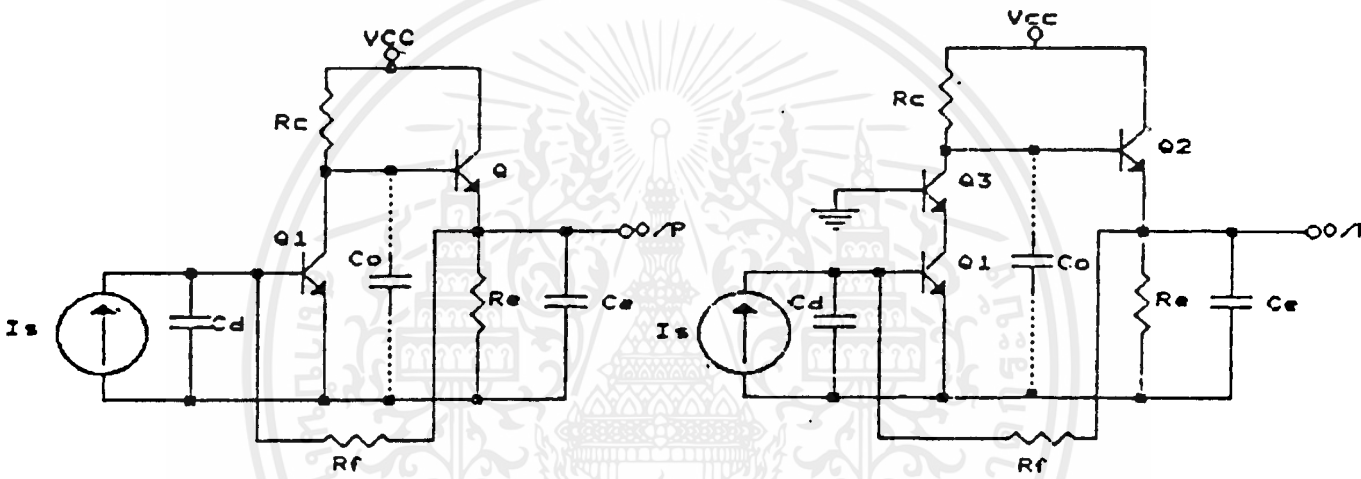
ค่า Multiplication Factor, M จะไม่มีผลอะไรเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ความไวของการรับสัญญาณแสงระหว่าง APD กับ p-i-n ไดโอดไม่แตกต่างกันมาก วงจรมายาสัญญาณแบบทรานส์อิมพีแดนซ์

เป็นที่ยอมรับแล้วว่า วงจรมายาสัญญาณแบบทรานส์อิมพีแดนซ์

(Transimpedance Amplifier) เป็นวงจรมายาสัญญาณในภาครับสัญญาณแสงที่เหมาะสมมาก ทั้งนี้เนื่องจากวงจรชนิดนี้ให้สัญญาณรบกวนต่ำและให้แบนวิidth กว้าง โดยวงจรทำงานแบบวงจรมายาสัญญาณกระแสเป็นแรงดัน (Voltage) อินพุทอิมพีแดนซ์มีขนาดเล็ก เพราะการบ่อนกสับสัญญาณทางลบภายในวงจร

วงจรซึ่งนำมาพิจารณา มี 2 แบบ คือวงจรมายาสัญญาณภาครับตั้งรูป ก. ต่อแบบ Common Emitter/Common Collector (CE/CC) และวงจรในรูป ข. ต่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ Cascode/ Common Collector (Cascode)



ก. CE/CC

ข. Cascode

รูปที่ 2.8 แสดงวงจรขยายสัญญาณแบบทรานซิสติคแคนซ์

ลักษณะที่เราต้องการคือ วงจรขยายสัญญาณภาคต้นแบบทรานซิสติคแคนซ์ให้มี

สัญญาณรบกวนต่ำและมีเสถียรภาพ เราสามารถเขียนแบบจำลองของสัญญาณรบกวนของวงจร ดังรูป

S_1 เป็นสัญญาณรบกวน (Shot Noise) ที่เกิดขึ้นที่ขาเบส (Base)

S_2 เป็นสัญญาณรบกวน (Shot Noise) ที่เกิดขึ้นที่ขาคอลเลคเตอร์

(Collector)

S_3 เป็นสัญญาณรบกวน (Thermal Noise) ที่เกิดจาก R_f ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Gain) ของ APD ซึ่งแสดงในรูปของผลคูณ Gain-Bandwidth

ค) คาปาซิแตนซ์ (Capacitance) จะมีผลต่อการตอบสนองของเวลา (Response Time) และสัญญาณรบกวน (Noise) ในภาครับสัญญาณ

ง) Dark Current คือ กระแสรั่วของรอยต่อเมื่อไดโอดได้รับแสงคืนไบอัสย้อนกลับขณะที่รอยต่อยังไม่ได้รับแสง ซึ่งถือเป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในภาครับมาจากโฟโตรีเทคเตอร์

จ) ความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ผลตอบสนองต่อสัญญาณต่อระดับความเข้มแสงกว้างและเป็นเชิงเส้น

การทำงานของ p-i-n โฟโตรีเทคเตอร์ต้องการแรงดันไบอัสย้อนกลับ (Reverse Bias Voltage) ไม่สูงนักแต่ควรจะมากกว่า 5 โวลต์ ค่าคาปาซิแตนซ์จะเหมาะสม ส่วน APD ต้องการแรงดันไบอัสย้อนกลับมีค่าสูงมาก ระหว่าง 100 - 400 โวลต์ซึ่งค่าแรงดันที่ไบอัสแก่ APD นี้จะเป็นการปรับค่า Multiplication Factor (M)

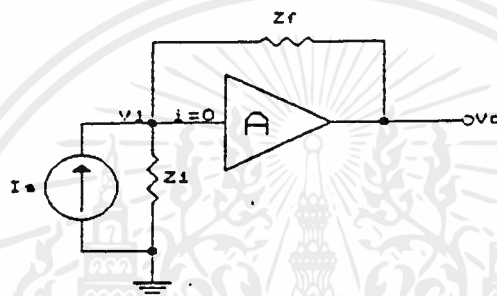
โดยที่ $M = I / I_p$

I = กระแสที่ออกจาก APD

I_p = กระแสที่ได้จากพลังงานแสง

C'_t = ค่าอินพุตคาปาซิแตนซ์ของวงจรรขยายลูปปิด

(Amplifier Open-loop Input Capacitance)



รูปที่ 2.30 แสดงไดอะแกรมของวงจรรขยายลูปปิด

ดังนั้น $Z_C(S)$ จะมี 2 โพล (pole)

$$Z_C(S) = \frac{Z_0}{1 + S(1/QW_0) + S^2(1/W_0)^2}$$

K คือแคมป์แฟกเตอร์ (Damping Factor) = 1/20

โดยสมมติว่า $t_c \ll c_t R_f$ และ $c'_t = c_t$ สำหรับ $C_f \ll C_t$

เราสามารถพิจารณาออกแบบค่าต่างๆ ในวงจรรขยายสัญญาณแบบทรานซิสเตอร์

ได้นี้ โดยกำหนดให้ r'_{bb} มีค่าน้อย ซึ่งจะมีผลต่อเสถียรภาพของวงจรร

แบนด์วิธของสัญญาณ (Signal Bandwidth) ค่าความถี่ 3 dB ของ Z_C

(jw) ขึ้นกับค่าของ K และกำหนดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B_S \approx B \quad \text{เมื่อ } K \gg 1$$

$$B_S \approx 1.2872B \quad \text{เมื่อ } K = 1$$

$$B_S \approx 1.414B \quad \text{เมื่อ } k = 1/\sqrt{2}$$

โดยที่ $B = \frac{1}{2\pi C_t R_{eff}}$

$$2\pi C_t R_{eff}$$

หาค่า R_C โดย

$$R_C = \frac{1}{8\pi B_S} \left(\frac{1}{2C_C + C_O} \right) \quad \text{เมื่อ } K \gg 1$$

$$R_C = \frac{1.2872}{8\pi B_S} \left(\frac{1}{2C_C + C_O} \right) \quad \text{เมื่อ } K = 1$$

$$R_C = \frac{1.414}{8\pi B_S} \left(\frac{1}{2C_C + C_O} \right) \quad \text{เมื่อ } K = 1/\sqrt{2}$$

C_O = คาปาซิแตนซ์แฝงที่ R_C ทั้งหมด

ค่าเทียบเท่าแบนวิทท์ของสัญญาณรบกวน (Equivalent Noise Bandwidth)

ถูกประมาณโดย

$$B_{eq} = (\pi/2)B$$

ฉะนั้นกระแส I_B ที่เหมาะสมเพื่อไบอัสแอกทรานซิสเตอร์เพื่อให้วงจรมีสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด

สัญญาณรบกวนน้อยที่สุด

$$I_{Bopt} = \frac{KT}{q} (2\pi C_i B_{eq})$$

3B

พิจารณากรณีของสัญญาณรบกวน (รวมค่าสัญญาณรบกวนเนื่องจากอุณหภูมิของ r'_{bb} เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C_t = C_i + C_f + (A+1)(C_{ci} + C_f) \quad \text{CE/CC} \quad (1)$$

$$i_{eqmin}^2 = 4KT^2 B^2 C_i \left(\frac{1}{A+1} + C_c + C_f \right) + \frac{q}{2} + q^2 c_q \quad (2)$$

(CE/CC) A+i 3B 4BC

$$C_t = C_i + C_d + 2C_{ci} + (A + 1)C_f \quad \text{Cascode} \quad (3)$$

$$i_{eqmin}^2 = 4KT^2 B^2 C_i \left(\frac{1}{A+1} + C_f \right) + \frac{q}{2} + q^2 c_d \quad (4)$$

(Cascode) A+1 C_i 3B 4BC_i

$$C_i = C_d + C_{ii} + C_{ci} + C_f$$

$$c = \frac{BI_B}{v_T W_T} - C_c$$

$$I_B = \frac{V_{R2}}{R_f} - \frac{V_{BE1}}{R_f}$$

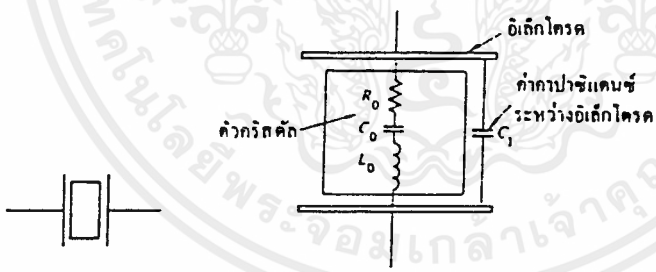
เปรียบเทียบสมการ (2) และ (4) จะเห็นว่าการต่อวงจรแบบ Cascode จะมีสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นน้อยกว่าการต่อวงจรแบบ CE/CC

ข้อดีของการต่อวงจรแบบ Cascode อีกประการหนึ่งคือ ให้แบนด์วิดท์กว้างกว่าวงจรแบบ CE/CC ทั้งนี้เพราะสามารถลด Miller Capacitance Multiplication ในทางปฏิบัติจะต้องปรับค่า R_c เพื่อให้ได้แบนด์วิดท์ตามที่เรากำลังต้องการ

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ชั้นผลึก

วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ก้อนผลึก อาศัยการสั่นของชั้นผลึกแทนการ
ใช้อุปกรณ์ที่นำมาทำให้เกิดความถี่และเป็นวงจรที่มีเสถียรภาพทางด้านความถี่สูง
มาก จากการศึกษาที่ผ่านมา ความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ LC จะแปร
เปลี่ยนไปเมื่อศักดา อุณหภูมิ, โหลดและอื่นๆเปลี่ยนแปลงไป การทำให้วงจร
LC มีเสถียรภาพดีทำได้ยาก โดยเหตุนี้ภาคต่างๆในเครื่องวิทยุที่ต้องการ
การความแม่นยำและเสถียรภาพของความถี่มากหรือค่านเครื่องส่งก็ตาม มักจะ
เลือกใช้วงจรออสซิลเลเตอร์แบบใช้ก้อนผลึก เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่ทั้งสิ้น

1. ชั้นผลึกที่ใช้กำเนิดความถี่ ชั้นผลึกที่ใช้กำเนิดความถี่เป็นแบบควอทซ์ เปีย
โซอิเล็กตริก การสั่นไหวของมันจะทำให้เกิดความถี่ขึ้น โดยอาศัยคุณสมบัติ
ของสารเปียโซอิเล็กตริก สัญลักษณ์ของชั้นผลึกแสดงได้ดังรูป ก.



(ก) เครื่องหมายที่ใช้แทนชั้นผลึก

(ข) วงจรที่เทียบของชั้นผลึก

ก.

ข.

ปรากฏการณ์ของเปียโซอิเล็กตริกถูกค้นพบโดยสองพี่น้อง j.curie และ
p.currie ในปี 1880 โดยทำการบ้อนแรงจากภายนอกเข้าที่ด้านทั้งสอง
ของวงจรเปียโซอิเล็กตริกแล้วจะได้ประจุไฟฟ้าทั้งประจุบวกและประจุลบออก
มาเป็นสัดส่วนตรงกับแรงภายนอกที่บ้อนเข้ามาในทางกลับกัน เมื่อบ้อนศักดา
เข้าทั้งสองข้างของชั้นผลึกสำหรับชั้นผลึกจะเกิดการยืดหรือหดตัวโดยมีขนาดของ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงเครียด เป็นสัดส่วนตรงกับศักดาที่ป้อนเข้าไป โดยอาศัยคุณสมบัติของชิ้น
ผลึกที่มีความยืดหยุ่นได้นี้ ถ้าป้อนแรงกดดันทันทีทันใดให้กับชิ้นผลึกแล้วเอา
แรงกดดันนี้ออกไป ชิ้นผลึกจะเกิดการสั่นตามคุณสมบัติความถี่ของตัวมัน ใน
ลักษณะกลับไปกลับมา การสั่นนี้จะทำให้เกิดศักดาบวกและลบขึ้นเป็นสัดส่วน
ตรงกับความแรงของการไหวตัวและ เกิดขึ้นทั้งสองข้างของชิ้นผลึก นั่นคือศักดา
ไฟฟ้าสลับซึ่งมีความถี่เท่ากับคุณสมบัติด้านความถี่ของชิ้นผลึก

ต่อไปเมื่อป้อนศักดาสัญญาณที่มีความถี่สอดคล้องกับคุณสมบัติด้านความถี่
ของชิ้นผลึกเข้าไปให้ชิ้นผลึก จะทำให้ชิ้นผลึกเกิดการก่อาชรรทางด้านกลและ
การสั่นจะเกิดขึ้นสูงสุด ที่จุดนี้ค่าศักดาที่ได้จากชิ้นผลึกจะมีค่าสูงสุดและกระ
แสที่ไหล เข้าชิ้นผลึกจากแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่สูงก็จะมีค่ามากที่สุดด้วย
เนื่องจากกระแสของวงจรเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดที่ความถี่ที่กำเนิดซึ่งลักษณะ
ของวงจรจะเหมือนกับวงจรก่อาชรรแบบอนุกรม ดังรูป ข.

2. วงจรออสซิลเลเตอร์แบบบีซึ้นผลึก ตามรูป ค. ซึ่งเป็นวงจรแบบต่อกัน
สามจุด ค่ารีแอคแตนซ์ทั้งสามตัวจะถูกแทนด้วยชิ้นผลึกได้โดยอาศัยหลักการ
เบื้องต้นดังตาราง

ตาราง รูปแบบพื้นฐานของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบอาศัยชิ้นผลึก

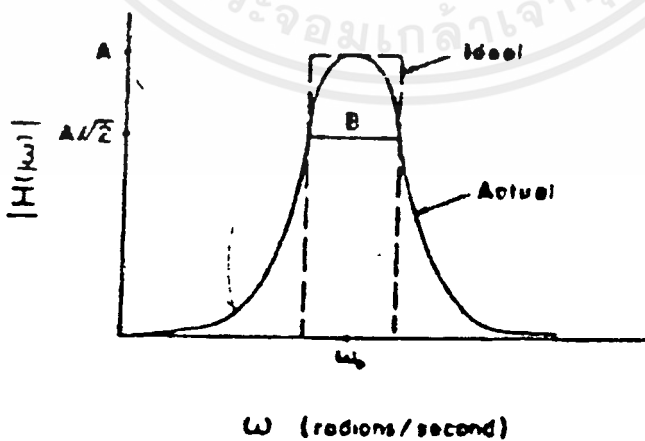
	X_1	X_2	X_3	
ชนิดฮาร์ทเลย์				วงจร Pierce BE
ชนิดฮาร์ทเลย์				
ชนิดคอลพิทน์				วงจร Piece CB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรกรองเฉพาะแถบความถี่

สมการและวงจรใช้งาน

BAND-PASS-FILTER เป็นวงจรกรองความถี่แบบหนึ่งซึ่งจะยอมให้แถบความถี่ช่วงหนึ่งที่เลือกไว้ผ่านวงจรนี้ไปได้เท่านั้น โดยจะลดทอนความถี่อื่นใดนอกเหนือจากช่วงกว้างของแถบความถี่ที่ได้เลือกไว้แล้ว ในที่นี้ตามรูปที่ 1. สมมติให้มีความกว้างเท่ากับ B และมีค่าความถี่ที่จุดกึ่งกลางของแถบความถี่เป็น ω_0 สำหรับค่า B และ ω_0 กำหนดให้อยู่ในหน่วยเรเดียน/วินาที หรือ B อาจกำหนดในหน่วย Hz และมีความถี่กึ่งกลางเป็น $f_0 = \omega_0/2\pi$ (Hz) คุณสมบัติตามที่กล่าวมาของวงจร BAND-PASS-FILTER แสดงให้เห็นตามรูปกราฟแสดงการตอบสนองเชิงขนาดของสัญญาณดังรูปที่ 1. โดยเส้นประแสดงถึงการตอบสนองเชิงขนาดในทางอุดมคติ ส่วนเส้นทึบแสดงถึงการตอบสนองเชิงขนาดในการใช้งานจริง



รูปที่ 2.3 แสดงผลตอบสนองกรณีกรองเฉพาะแถบความถี่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการโพลีโนเมียลอันดับที่สองสามารถเทียบเคียงคุณลักษณะเฉพาะ
ของวงจรกรองเฉพาะแถบความถี่ทางอุดมคติได้ โดยกำหนดค่า B และ w^2
ให้เหมาะสม ซึ่งจะได้ออกมาในรูปแบบสมการทรานเฟอร์ ฟังก์ชัน ดังนี้

$$H(S) = \frac{V_2(S)}{V_1(S)} = \frac{Ks}{s^2 + Bs + w_0^2} \quad (1)$$

มีค่าพารามิเตอร์สำคัญที่ควรสนใจอยู่ค่าหนึ่งในการออกแบบวงจรกรอง
เฉพาะแถบความถี่นี้คือค่า Q ซึ่งหาได้จาก

$$Q = w_0 / B$$

โดยค่า Q จะบ่งบอกให้ทราบถึงความกว้างของช่วงความถี่ที่จะยอมให้
ผ่าน ถ้า Q ยิ่งมีค่ามาก วงจรที่ออกแบบนั้นจะทำการกรองแถบความถี่ให้ผ่าน
ไปได้ในช่วงแคบมากขึ้น นั่นคือจะผ่านแถบความถี่ไปได้น้อยลง มีความชัน
มากขึ้น เมื่อเทียบกับความถี่กึ่งกลาง w_0 โดยที่ค่า Gain ของวงจรกรอง
เฉพาะแถบความถี่นี้กำหนดได้จากค่าแอมพลิจูดของ $H(s)$ ในสมการที่ 1. ที่
จุดกึ่งกลางของแถบความถี่ (w_0 หรือ f_0) ซึ่งจะได้ค่า Gain = K/B

วงจรรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองแบบvcvs

(Second - Order VCVS Band -Pass Filter)

วงจรซึ่งสอดคล้องหรือได้มาจากสมการที่ 4.1 และเป็นวงจรรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองรูปแบบหนึ่ง ซึ่งจะกล่าวในที่นี้คือวงจร VCVS แสดงดังรูปที่ 2. จากการวิเคราะห์ห้วงจรแสดงให้เห็นสมการที่ 1.จะเป็นจริง ถ้า

$$K = \frac{1}{R_1 C}$$

$$R_1 C$$

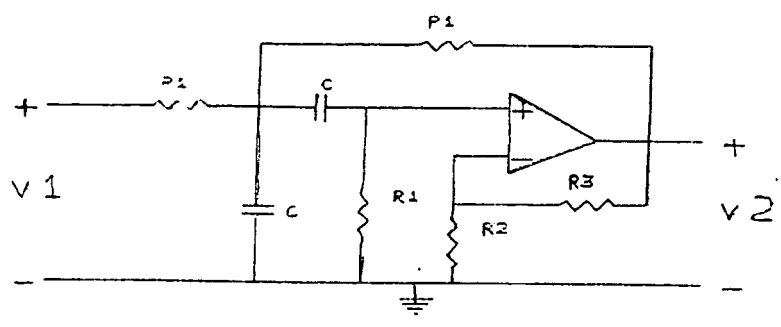
$$B = \frac{4}{R_1 C} \quad (2)$$

$$R_1 C$$

$$\omega_0^2 = \frac{2}{R_1^2 C^2}$$

$$R_1^2 C^2$$

โดยที่ $B = 1 + \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$



รูปที่ 2.32 วงจรรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองแบบ vcvs เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการใช้งานภายในของหน่วยงานที่มอบหมายไปของภาคให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตามรูปที่ 2. จะทำงานได้ดีเมื่อค่า Q ต่ำๆ ดังนั้นจากสมการที่ 2. ซึ่ง

$$4 - \mu = R_1 C W_0 / Q$$

จะได้ว่าถ้าต้องการค่า Q ที่สูงขึ้นเท่าใด K ก็จะมีค่าเข้าใกล้ 4 เท่านั้น เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่า R_2 และ R_3 จะมีผลกระทบต่อค่า Q ด้วยเหตุนี้เส้นกราฟต่างๆที่จะกำหนดให้ใช้ ในทางปฏิบัติจริงจึงถูกกำหนดอยู่ที่ $Q < 4$ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการปรับ เปลี่ยนค่า Q จึงควรใช้โพเทนชิโอมิเตอร์แทนค่า R_2 และ R_3 ใน ทางปฏิบัติจริงเพื่อให้ได้วงจรมีคุณสมบัติตามที่ได้ออกแบบไว้ วิชาที่ดีที่สุดคือเริ่ม จากกำหนดความถี่กึ่งกลางของแถบความถี่ f_0 และค่าตัวเก็บประจุ C ที่ จะใช้ หลังจากนั้นนำไปหาค่า R_1 จากกราฟ นำไปต่อวงจรตามรูปที่ 2. โดย ใช้โพเทนชิโอมิเตอร์แทน เราก็สามารถปรับเปลี่ยนความกว้างของ แถบความถี่เมื่อเทียบกับจุด f_0 ที่กำหนดให้ เพียงแต่ปรับเปลี่ยนสัดส่วนค่า R_2 และ R_3 เท่านั้น

ตัวอย่างในการออกแบบใช้งานจริง เริ่มจากการกำหนดค่า $f_0 = 20$ KHz และ $Q = 2$ เลือกใช้ $C = 0.001 \mu F$ จากค่า f_0 และ C นำไปหา ค่า K พารามิเตอร์ได้จากกราฟรูปที่ 4.11ค และจากกราฟรูปที่ 4.12 จะได้ $R_1, R_2 = 11.2, 16.2 K$ และ $R_3 = 32 K$ และ Gain = 4.7

3. วงจรกรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองแบบป้อนกลับหลายทาง

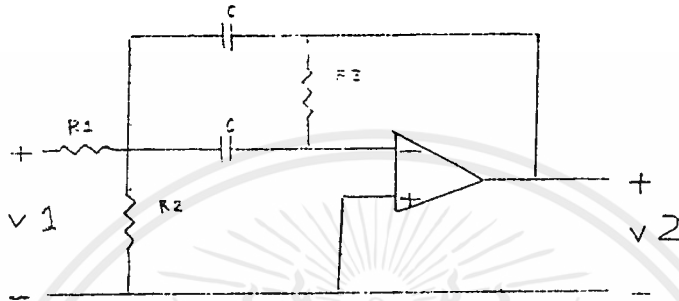
วงจรอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งให้คุณสมบัติในการกรองความถี่เช่นเดียวกับวงจรกรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองก็คือวงจรป้อนกลับหลายทาง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4. ซึ่งสมการที่ 1. จะเป็นจริงก็ต่อเมื่อ

$$B = \underline{2}$$

$$R_2 C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega_0^2 = \frac{1}{R_3 C^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

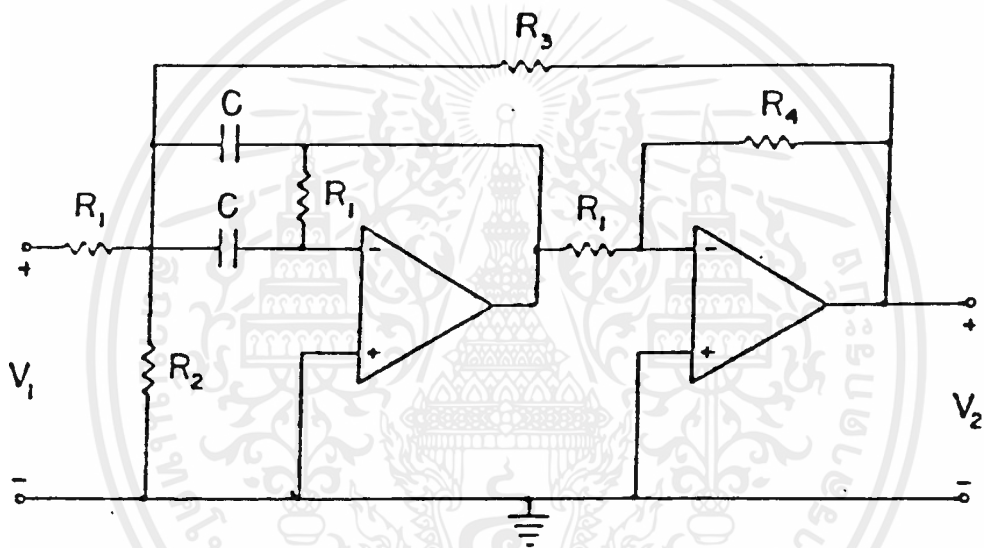


รูปที่ 2.33 แสดงวงจรบ่อนกสับหลายทางที่ใช้งาน

โดยค่าคงที่ K มีค่าเท่ากับ $-1/R_1 C$ ก่อนทำการออกแบบวงจรต้องมีการกำหนดค่า $f_{0.0}$ และค่าอัตราขยายสัญญาณเสียก่อน หลังจากนั้นจึงทำการหาค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการประกอบวงจร

4. วงจรกรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองแบบป้อนกลับบวก

วงจรกรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองที่กล่าวมาก่อนหน้านี้จะต้องจำกัดค่า Q ให้อยู่ในช่วงไม่เกิน 10 เพื่อให้ผลที่ออกมาเมื่อใช้งานจริงมีความถูกต้อง เทียบตรงและให้คุณสมบัติใกล้เคียงผลตามที่ได้ออกแบบไว้ สำหรับหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงวงจรกรองเฉพาะแถบความถี่ซึ่งสามารถกำหนดค่า Q ไปได้ถึง 50 ซึ่งมีชื่อเรียกว่าวงจรป้อนกลับแบบบวกแสดงดังรูปที่ 6.



รูปที่ 2.34 วงจรป้อนกลับแบบบวก

จากรูป สมการที่ 1. จะเป็นจริงตามค่าต่างๆดังนี้

$$K = \frac{R_1}{R_1^2 C}$$

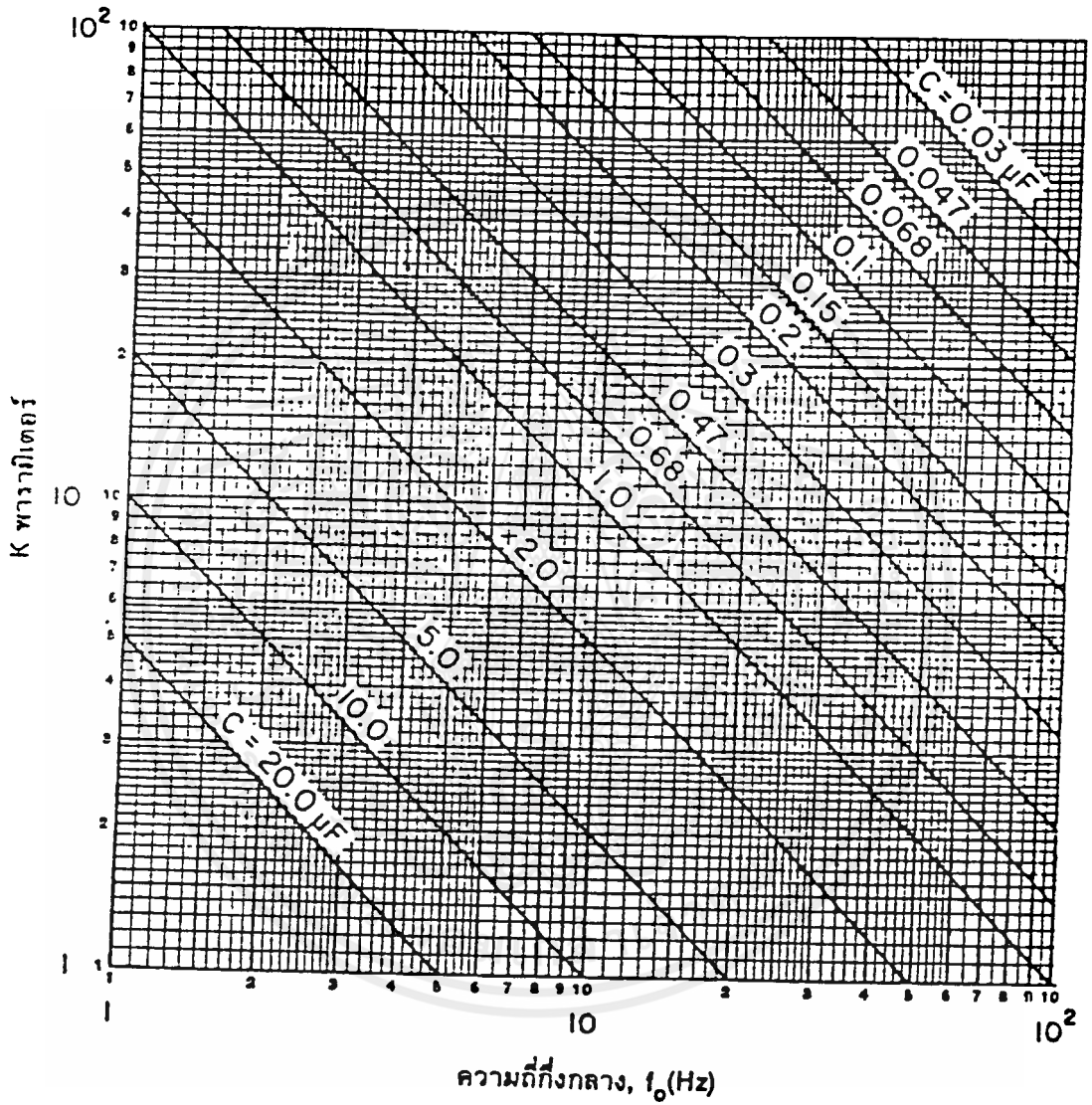
$$B = \frac{1}{R_1 C} \left(2 - \frac{R_4}{R_3} \right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega_0^2 = \frac{1}{R_1 C^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (5)$$

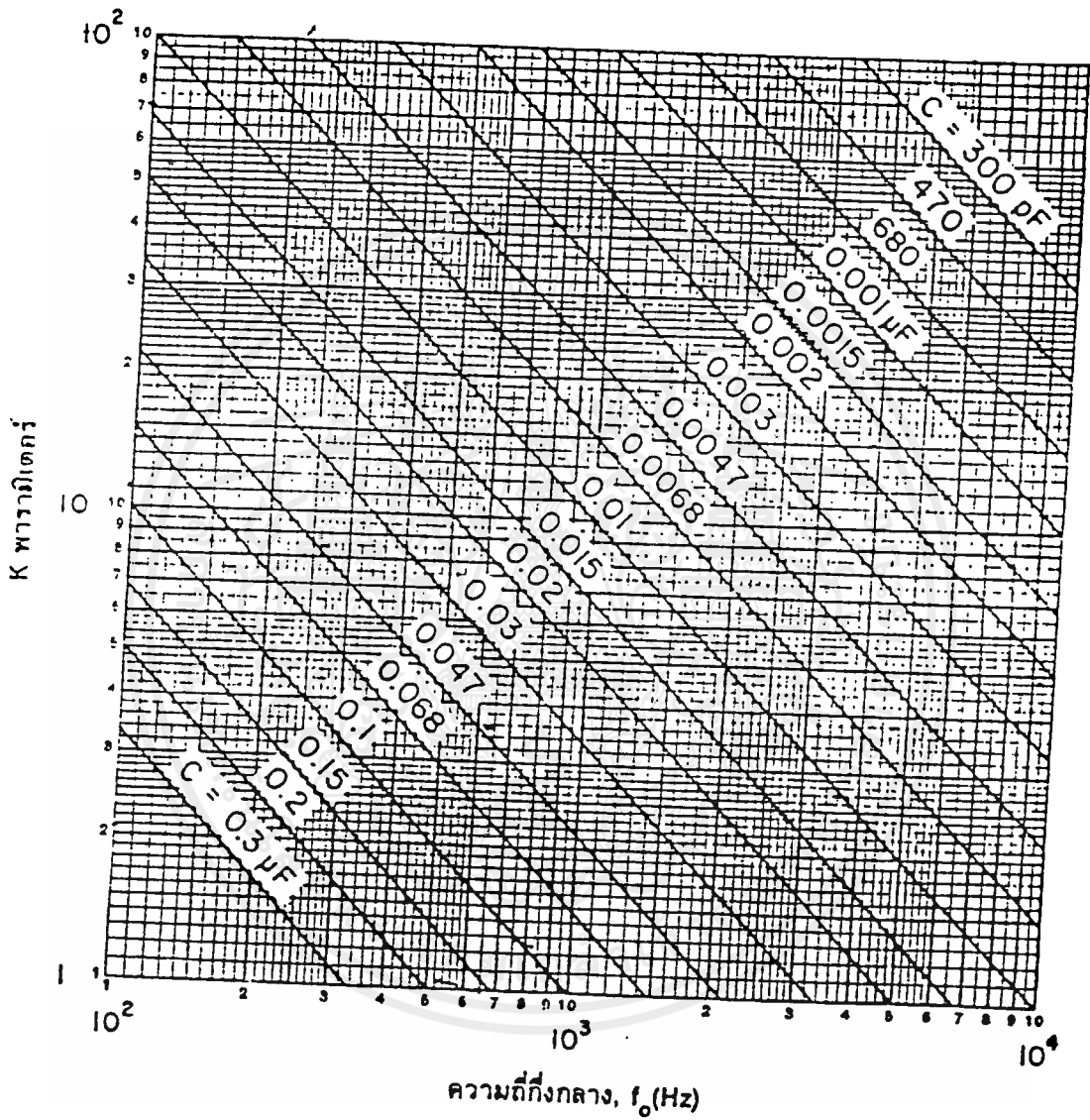
ตัวอย่างการออกแบบเริ่มจากกำหนด $f_0 = 2 \text{ KHz}$, Gain = 4 , Q = 40 จากกราฟรูปที่ 4.11 เลือก $c=0.01 \mu\text{F}$ จะได้ $K = 5$ จากค่า $K = 5$ จากค่า K นี้และกราฟรูปที่ 4.35 จะได้ $R_1, R_2, R_3, R_4 = 50.5, 1.38, 17.3, 31.5 \text{ K}$ สำหรับค่า Q สามารถเปลี่ยนได้โดยการปรับค่า R_3, R_4





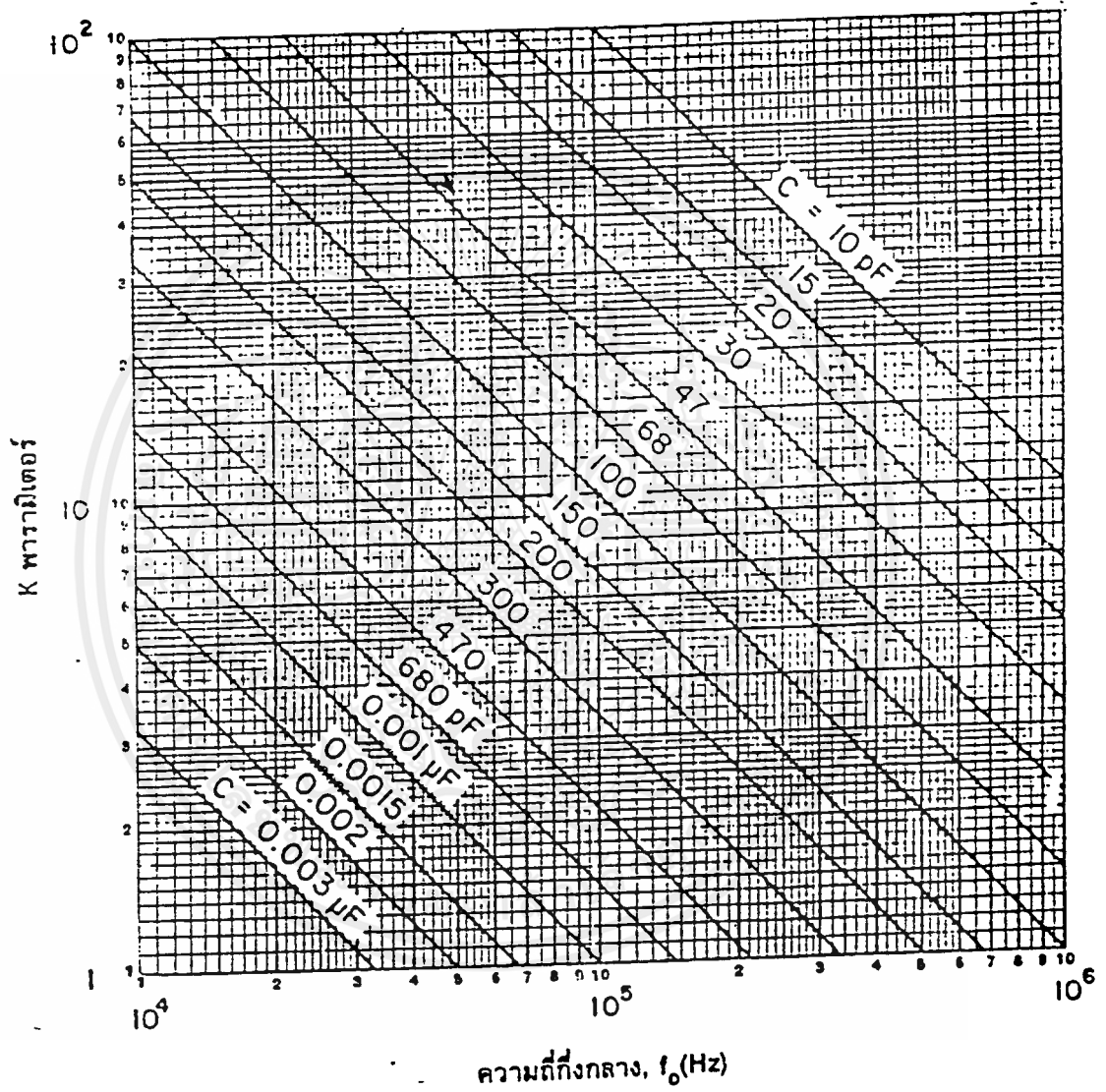
รูปที่ 2.35. กราฟระหว่าง K พารามิเตอร์กับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



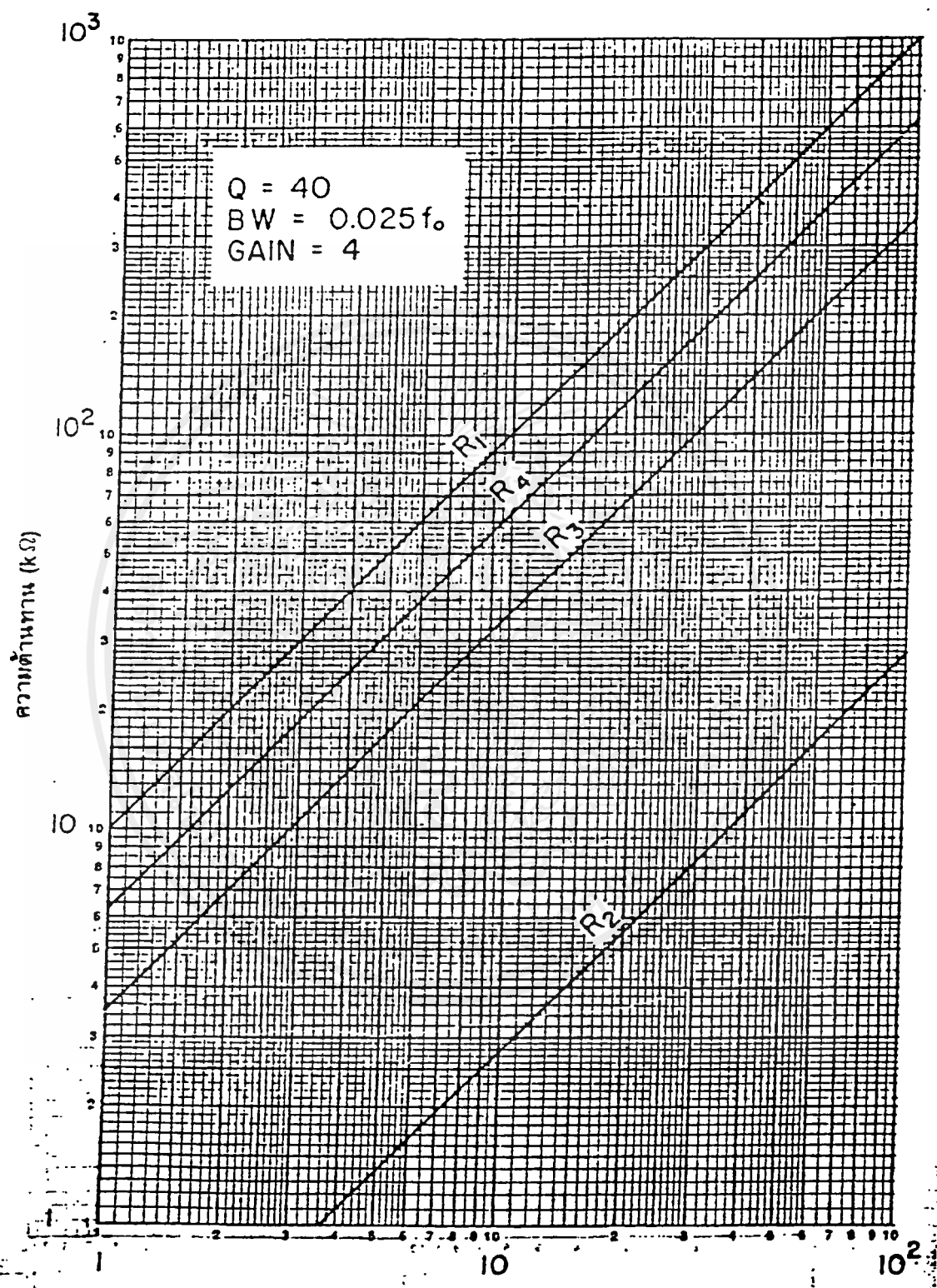
รูปที่ 2.36 กราฟระหว่าง K พารามิเตอร์กับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37. กราฟระหว่าง K พหามิเตอร์กับความถี่

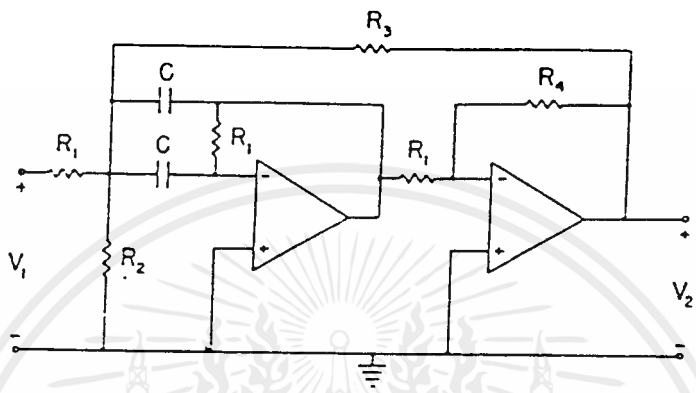
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 วงจรกรองเฉพาะแถบความถี่แบบมีแกนค้ำขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปขั้นตอนการออกแบบวงจรกรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองแบบป้อนกลับบวก



รูปที่ 2.39 วงจรใช้งาน

ขั้นตอนการออกแบบ

ก่อนอื่นต้องกำหนดค่า f_o , Q และ Gain ต้องการใช้งานแล้วจึงปฏิบัติตามขั้นตอนนี้

1. เลือกค่า C เพื่อที่จะหาค่า K จากกราฟรูปที่ 4.11 ก, ขหรือ ค ดังเช่นที่ได้อธิบายไว้แล้วในการออกแบบวงจรกรองเฉพาะแถบความถี่อันดับที่สองแบบ VCVS
2. นำค่า K ไปหาค่าตัวต้านทานจากกราฟ โดยมีค่า Q และค่า Gain ประกอบพิจารณาเลือกกราฟด้วย
3. ปรับค่าตัวต้านทานที่ใช้งานจริงให้ใกล้เคียงกับค่าที่อ่านได้จากกราฟในข้อที่ 2.

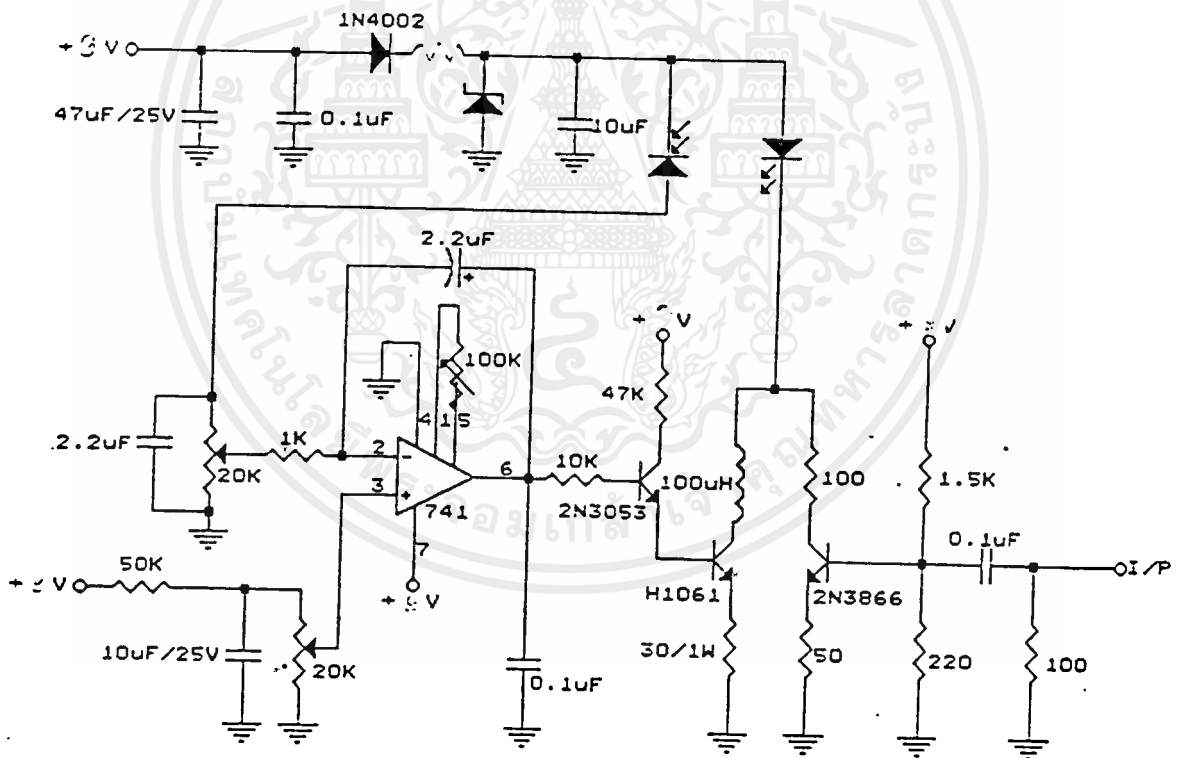
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบวงจรในภาคต่างๆ

จากหลักการท่างาน ซึ่งอธิบายแล้วในบทที่ 2 ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบวงจรต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องวัดระยะทางด้วยแสงนี้ โดยมีรายละเอียดแบ่งเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

3.1 วงจรส่งสัญญาณ (Transmitter)



• TRANSMITTER

รูปที่ 3.1 แสดงวงจรขับเลเซอร์สำหรับสัญญาณ 50 KHz ถึง 50 MHz

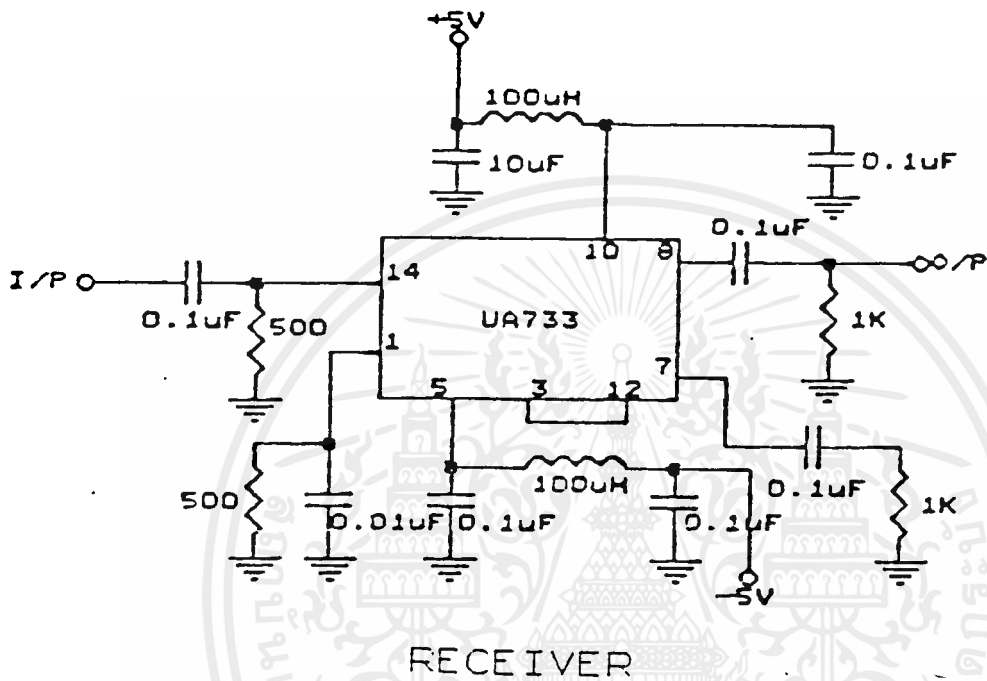
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรีบเลเซอร์ไดโอด (LD) ซึ่งให้พลังงานแสงที่เปล่งออกมาคงที่ภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลง Ambient Temperature แสดงได้ดังรูปที่ 3.1 กระแสที่ป้อนให้กับเลเซอร์เป็นกระแสที่มาจากวงจรรีจิสเตอร์ ถูกควบคุมโดยใช้ Op-Amp เบอร์ CA 3130 กระแสที่ได้จากโฟโตรีซิสเตอร์ไดโอดจะถูกแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ซึ่งเป็นสัดส่วนเดียวกับพลังงานแสงที่ได้จากเลเซอร์ ค่าแรงดันที่ได้นี้ถูกป้อนกลับเข้ามา Inverting Input ของ Op-amp ไปควบคุมกระแสที่ไหลผ่านเลเซอร์ อีกส่วนหนึ่งเป็นวงจรมอดูเลต สัญญาณ Analog ซึ่งมีผลตอบสนองต่อความถี่มากกว่าในช่วง 50 KHz ถึง 50 MHz

อย่างไรก็ตาม วงจรรีบเลเซอร์ต้องการแรงดันไฟเลี้ยงคงที่และมีเสถียรภาพ (Stable) ไดโอด D₃ ทำหน้าที่ป้องกันป้อนไฟเลี้ยงผิดขั้ว

3.2 วงจรรีบสัญญาณ (Receiver)

จากรูปที่ 3.2 p-i-n ไดโอด ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณกระแส โดย Q₁, Q₂, Q₃ ถูกต่อเป็นวงจรรขยายสัญญาณทรานส์อิมพีแดนซ์แบบ Cascode ซึ่งจะขยายสัญญาณกระแสนี้ให้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า จากการวัดจะได้ค่าทรานส์อิมพีแดนซ์ (Transimpedance) ประมาณ 12 K สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 16.7 nA , แบนวิดท์ (Bandwidth) มากกว่า 15 MHz สัญญาณที่ได้จากวงจรรานส์อิมพีแดนซ์จะถูกขยายสัญญาณอีก 50 เท่า โดยใช้ Video Amp เบอร์ uA 733

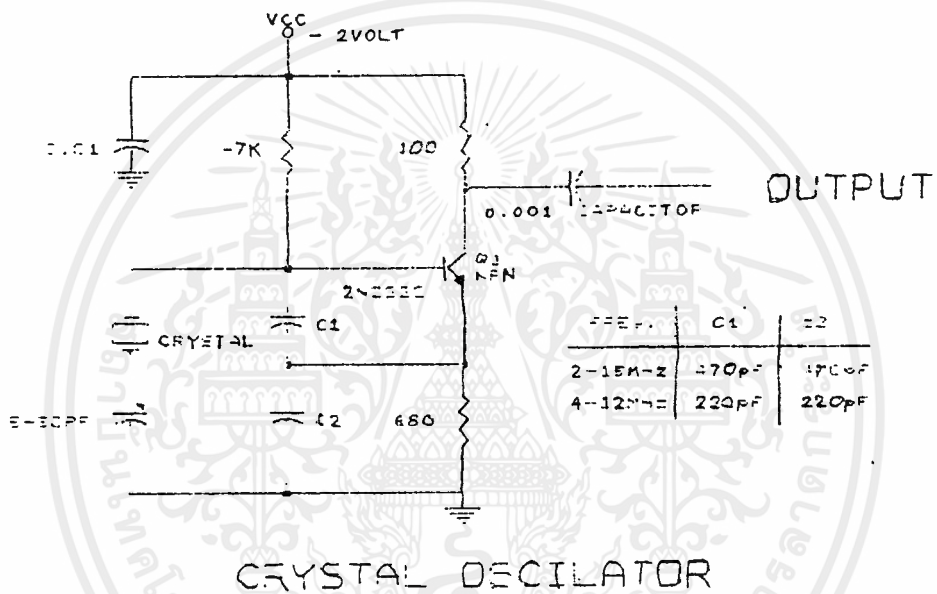


รูปที่ 3.2 วงจรภาครับสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจร Oscillator

ประกอบด้วย Oscillator 2 ชุดคือ Oscillator 1 และ Oscillator 2 โดยที่ Oscillator 1 สร้างความถี่ 15 MHz ส่วน Oscillator 2 สร้างความถี่ที่แตกต่างจาก Oscillator 1 อยู่ 2 KHz สำหรับวงจรของ Oscillator ทั้งสองเป็นดังรูป 3.3

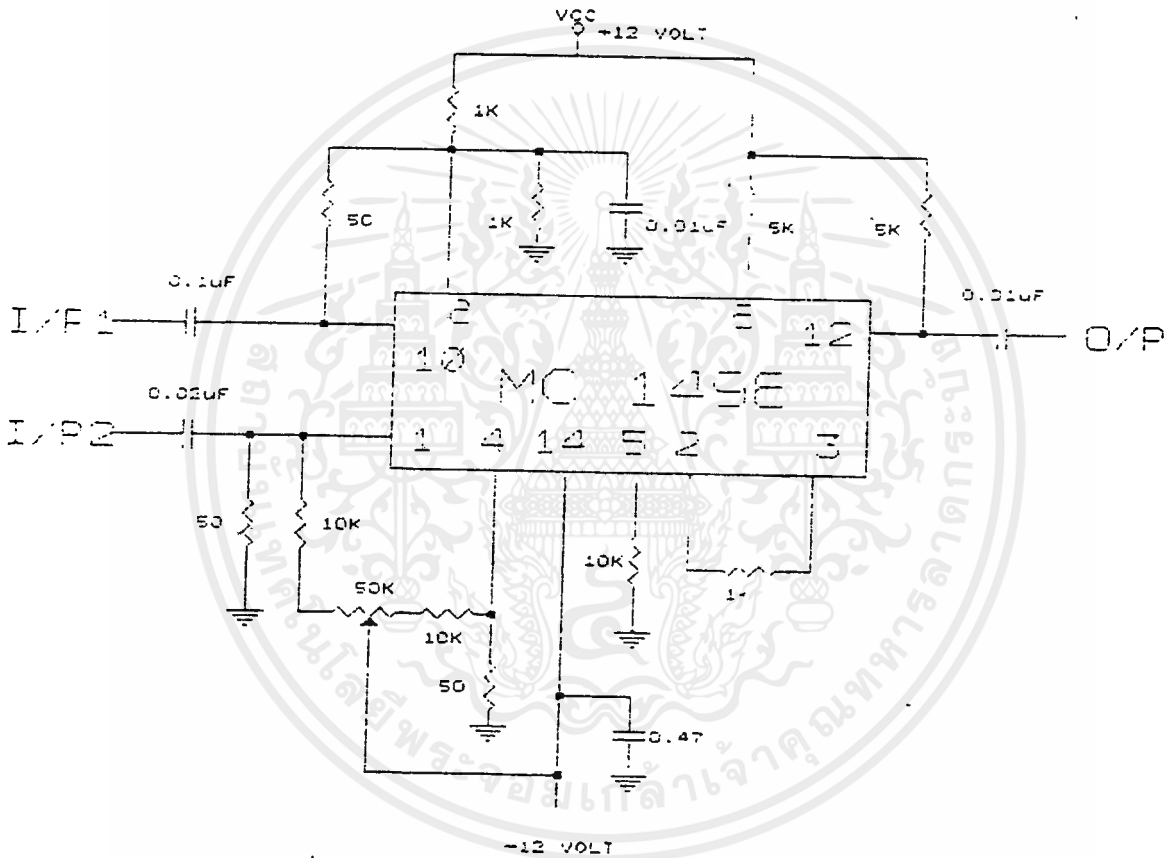


รูปที่ 3.3 วงจร Oscillator

จากรูปวงจรเป็น Colpitts Oscillator โดยใช้ Crystal ในการควบคุมความถี่เพื่อความเที่ยงตรงและความเสถียรของความถี่ เนื่องจากไม่สามารถหา Crystal ความถี่ 15 MHz ได้จึงใช้ Crystal 14.96 MHz แทนโดยที่ Capacitor แบบปรับค่าได้ที่ต่ออนุกรมกับ Crystal สำหรับปรับค่าความถี่ เพื่อให้ผลต่างของความถี่เท่ากับ 2 KHz

3.4 วงจรผสมสัญญาณ(Mixer)

วงจร Mixer) มีทั้งหมด 2 ชุด คือ Mixer 1 และ Mixer 2 โดยที่
วงจรทั้งสองมีจุดมุ่งหมาย เพื่อทำให้สัญญาณทั้งจากภาคส่งและภาครับมีความถี่ต่ำ
ลงมาเป็น IF ที่มีความถี่ประมาณ 2 KHz มีวงจรดังรูป 3.4

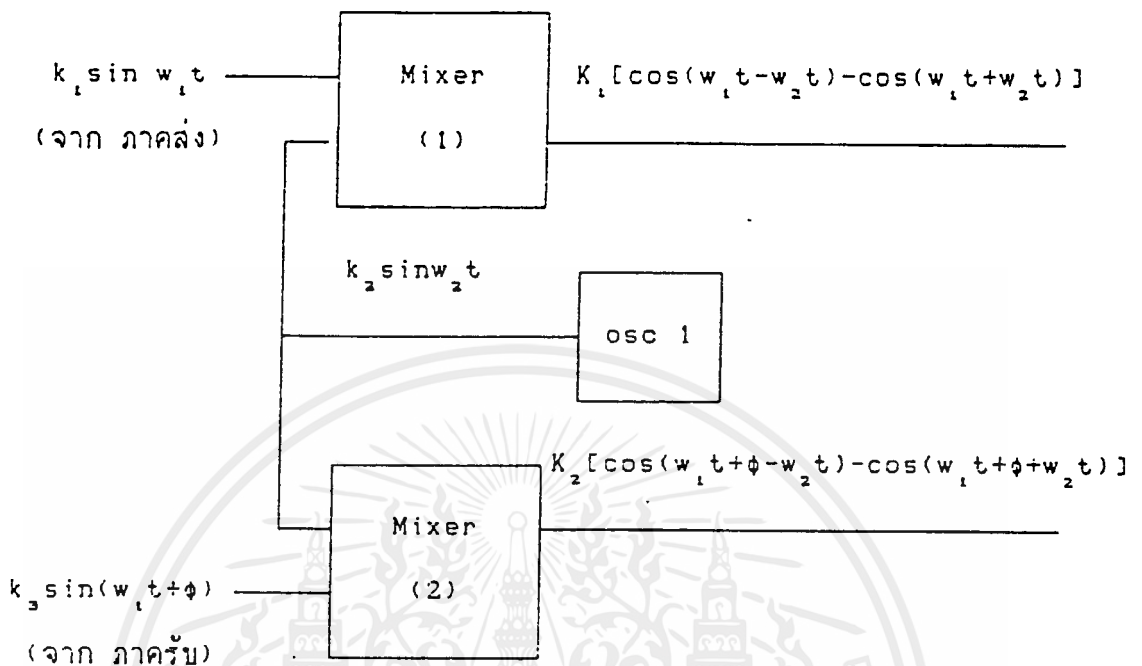


MIXER BY BALANCED MODULATOR

3.4 วงจร Mixer

จากรูปเราใช้ IC Balance Modulate เบอร์ MC 1496 ซึ่งเป็นวงจร
ผสมสัญญาณมาใช้ในการผสมสัญญาณโดยสามารถวาดเป็นรูปอย่างง่ายดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูป Output ของ Mixer 1

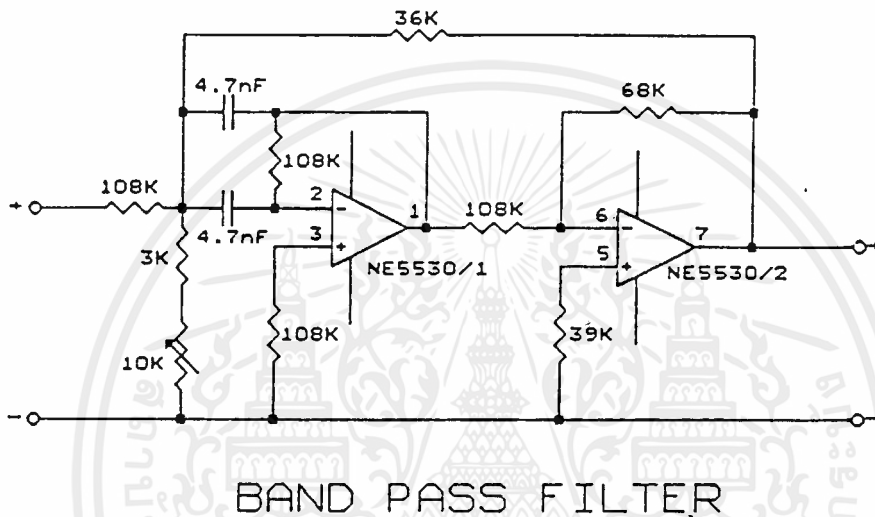
$$\begin{aligned} \text{IF 1} &= (k_1 \sin w_1 t)(k_2 \sin w_2 t) \\ &= k_1 k_2 [\cos(w_1 t - w_2 t) - \cos(w_1 t + w_2 t)] \end{aligned}$$

Output ของ Mixer 2

$$\begin{aligned} \text{IF 2} &= (k_3 \sin(w_1 t + \phi))(k_2 \sin w_2 t) \\ &= k_2 k_3 [\cos(w_1 t + \phi - w_2 t) - \cos(w_1 t + \phi + w_2 t)] \end{aligned}$$

จากสมการดังกล่าวจะเห็นว่า Output ของทั้ง Mixer 1 และ Mixer 2 จะมีทั้งสัญญาณผลต่างของความถี่ $(w_1 - w_2)$ และผลบวกของความถี่ $(w_1 + w_2)$ ปนกันอยู่ จากนั้นนำสัญญาณนี้ไปผ่าน Band Pass Filter เลือกเอาเฉพาะความถี่ $(w_1 - w_2)$ ออกมาและจะสังเกตเห็นว่าสัญญาณ Output ของ Mixer 2 จะมีเฟสตามสัญญาณจาก Output ของ Mixer 1 อยู่เท่ากับ ϕ

3.5 วงจร Band Pass Filter



รูปที่ 3.6 วงจร Band Pass Filter

วงจร Band Pass Filter ดังรูปนี้เป็นวงจร Second Order Positive Feedback Band Pass Filter ที่ให้ Q ค่อนข้างสูง โดยที่สามารถทำให้ค่า Q สูงขึ้นได้จนถึง 50 ในวงจรนี้ใช้ Op Amp 2 ตัวโดยที่สามารถทำให้ค่า Q สูงขึ้นได้จนถึง 50 ในวงจรนี้ใช้ Op Amp 2 ตัวที่มี Positive Feedback ผ่าน R กลับมายัง Input ซึ่ง Transfer Function ของวงจรคือ

$$H(S) = \frac{V_2(S)}{V_1(S)} = \frac{K_S}{S^2 + BS + W_0^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K = \frac{R_4}{R_1^2 C}$$

$$B = \frac{1}{R_1 C} \left(2 - \frac{R_4}{R_3} \right)$$

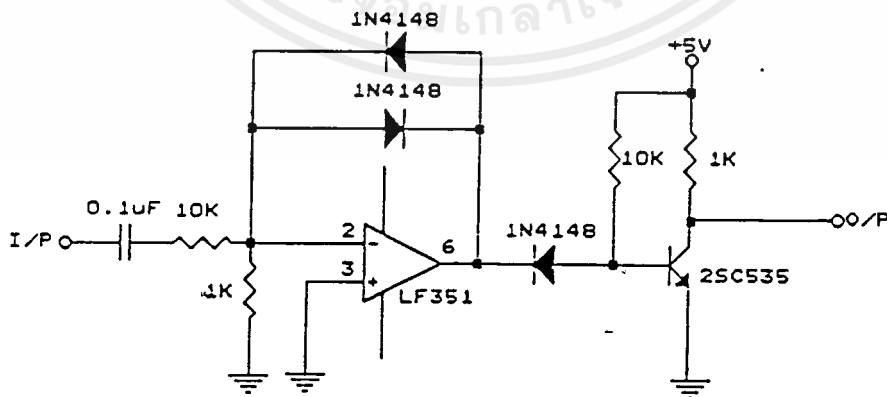
$$\omega_0^2 = \frac{1}{R_1 C^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

ซึ่งจะได้

$$F_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{R_1 C^2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)^{1/2}$$

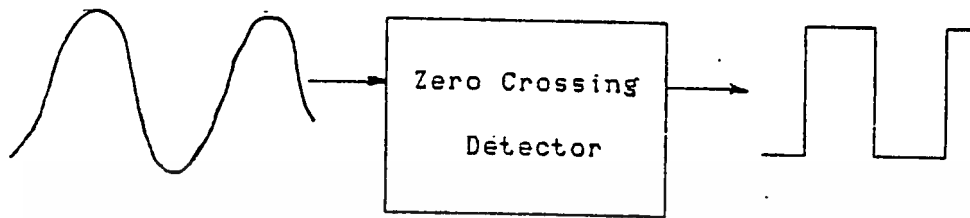
3.6 วงจร Zero Crossing Detector

วงจร Zero Crossing Detector จะทำการแปลงคลื่นรูป sine ให้เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม โดยจะทำการ Detect เมื่อสัญญาณมีค่าเท่ากับศูนย์ โดยเมื่อระดับสัญญาณมีค่ามากกว่าศูนย์เพียงเล็กน้อย Output จะออกเป็นระดับสัญญาณ High ในทางตรงข้ามเมื่อระดับสัญญาณตกลงมาที่ศูนย์อีกครั้ง ระดับสัญญาณที่ Output จะกลับมาเป็น Low



รูปที่ 3.7 วงจร ZERO CROSSING DETECTOR

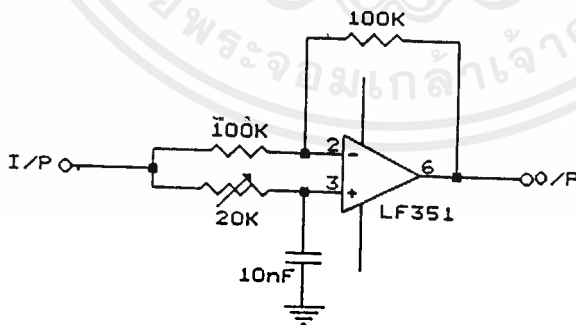
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตามรูปค่าระดับศักดาที่ Output ของ Op Amp จะอยู่ระหว่าง $+v_{on}$ ของ Diode ซึ่งจะทำให้เกิดค่าสัญญาณที่ขา Collector ของ Transistor เท่ากับ $+5v, 0v$

3.7 ภาค Phase Shifter

มีประโยชน์ไว้สำหรับปรับค่า Phase ของสัญญาณในตอนเริ่มต้นเช็คเครื่อง เพื่อให้มีค่าตรงกับระยะทางที่วัดได้จริง ทั้งนี้เพราะสัญญาณที่ส่งไปมีความถี่สูง การเกิด Delay ในตัวอุปกรณ์ต่างๆ จึงทำให้มีผลต่อเฟส



รูปที่ 3.8 วงจร PHASE SHIFTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเป็นวงจรแบบ First Order มีค่า Transfer Function เป็น

$$T(s) = \frac{1 - sCR}{1 + sCR}$$

$$T(S) = \frac{[1 + (WCR)^2]^{1/2}}{[1 + (WCR)^2]^{1/2}} = 1$$

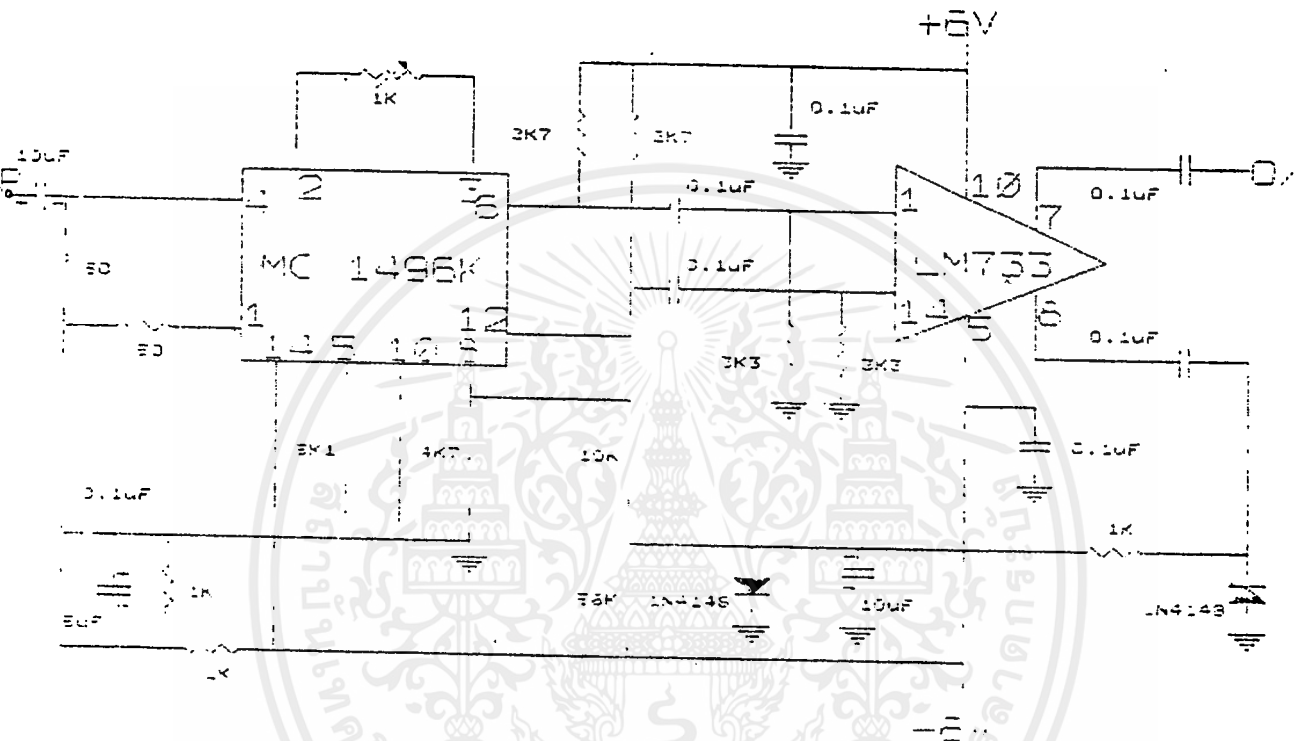
$$\angle(w) = \tan(-WRC) - \tan(WRC)$$

$$\angle(w) = -2 \tan(WRC)$$

ซึ่งจะเห็นว่าเฟสจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นไปตาม Function ของ R,C และ ความถี่ ดังนั้นการปรับค่า R จะทำให้เฟสเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0 - 180

3.8 วงจร Automatic Gain Control (AGC)

ในกรณีที่ภาครับสัญญาณที่รับเข้ามาไม่คงที่ ทั้งนี้เนื่องจากระยะทางที่ เดินทางทำให้ความเข้มแสงที่รับมาได้มีค่าไม่คงที่ จึงจำเป็นต้องมีวงจรที่ช่วยให้เอา ท์พหุคงที่ โดยที่ไม่ขึ้นกับขนาดของอินพุท วงจร AGC เป็นดังรูป 3.8



AUTOMATIC GAIN CONTROL

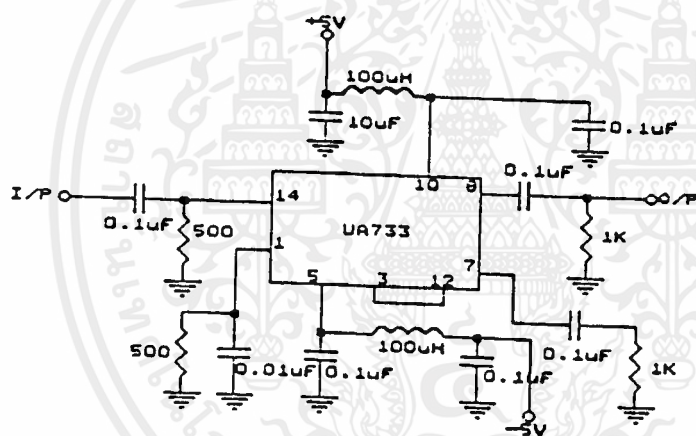
รูปที่ 3.8 วงจร AGC

จากรูป ใช้ IC Balance Modulator เบอร์ MC 1496 และ IC VIDEO AMP เบอร์ LM 733 โดยที่ MC 1496 มีลักษณะของวงจรเป็นวงจรคูณและ LM 733 เป็นวงจร Differential Amplifier สัญญาณอินพุตจะเข้าที่อินพุตข้างหนึ่งของ MC 1496 ส่วน Output จะถูกขยายโดย LM 733 Output ข้างหนึ่งของ LM 733 จะถูก rectify และกรองให้เป็นโพตรงบ่อนกสับแบบลบมาที่ขาอินพุตอีกข้างหนึ่งของ MC 1496 ซึ่งการบ่อนกสับนี้จะช่วยให้เอาท์พุทของ MC 1496 มีค่าคงที่เท่าไรเอาท์พุทของ AGC Amp นี้คงที่ไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 วงจรขยายสัญญาณความถี่สูง (VIDEO AMP)

วงจรมีไว้สำหรับขยายสัญญาณ Oscillator 1 เพื่อป้อนเป็นอินพุตให้แก่วงจรขับ Laser Diode โดยเราเลือกใช้ IC VIDEO AMP เบอร์ LM 733 ซึ่งมีรูปแบบการทำงานดังรูป

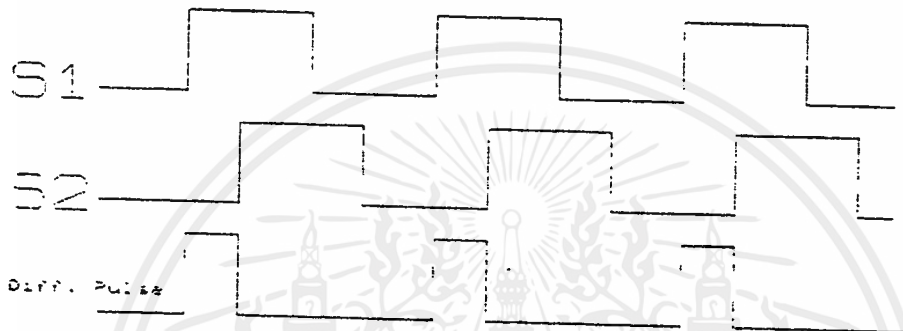


รูปที่ 3.9 รูปแสดงวงจร VIDEO AMP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคเปรียบเทียบเฟสและคานาณระยะทาง

วงจรดิจิทัลส่วนที่ใช้ในการเปรียบเทียบเฟสและติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์จากสัญญาณ Pulse ที่ได้ทั้งสองสัญญาณดังรูปข้างล่างนี้

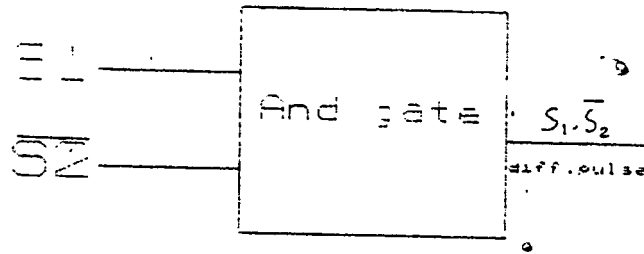


Diff Pulse

จากรูปข้างบนสามารถนำมาเขียน Truth Table ได้ดังนี้

S1	S2	Diff. Pulse
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

ซึ่งสามารถออกแบบเป็นวงจร Logic ได้คือ $\text{Diff Pulse} = S_1 \cdot \overline{S_2}$



จากสัญญาณความต่างเฟส ในขั้นตอนต่อไปเราจะออกแบบวงจร Logic เพื่อติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์และเคาท์เตอร์ โดยมีขั้นตอนของการติดต่อที่ต้องการดังนี้

1. ในตอนเริ่มต้นให้ทำการเช็คค่า สัญญาณพัลส์ความต่างเฟส ON หรือ OFF ถ้า OFF ยังไม่ต้องให้เคาท์เตอร์นับ รอจนกระทั่งสัญญาณพัลส์ความต่างเฟสเริ่ม ON เคาท์เตอร์จึงเริ่มต้นนับและหยุดนับเมื่อมันกลับลงมา OFF อีกครั้ง

2. เมื่อเคาท์เตอร์นับเสร็จจึงส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านข้อมูลจากเคาท์เตอร์

3. เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านข้อมูลจากเคาท์เตอร์แล้ว ให้เช็คค่า สัญญาณพัลส์ความต่างเฟส ON หรือ OFF

-ถ้า OFF ให้ส่งพัลส์ไบเคิลียร์เคาท์เตอร์แล้วเตรียมพร้อมที่จะให้เคาท์เตอร์นับเมื่อพัลส์ความต่างเฟสลูกต่อไป ON

-ถ้า ON ยังไม่ต้องให้เคาท์เตอร์นับ รอจนกระทั่งสัญญาณพัลส์ความต่างเฟส OFF เสียก่อน จึงส่งพัลส์ไบเคิลียร์เคาท์เตอร์และเตรียมพร้อมที่จะให้เคาท์เตอร์นับเมื่อสัญญาณพัลส์ความต่างเฟสลูกต่อไป ON

4. กลับไปทำซ้ำตามขั้นตอน 2, 3, 4 ใหม่

ในการติดต่อกับมาตรการลเลอร์นี้ วงจรลจกที่จะออกแบบต้องติดต่อกับ IC 8255 ซึ่งถูกกำหนดให้ทำงานโหมดที่ 1 ซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Hand checking ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการติดต่อ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อที่สำคัญ ได้แก่

สัญญาณ Strobe เป็นสัญญาณที่บอกกับ 8255 ว่าได้พร้อมที่จะส่งข้อมูลให้ 8255 แล้วโดยทำงานที่ขอบขาลง

สัญญาณ IBF เป็นสัญญาณที่ 8255 บอกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อ่านข้อมูลไปแล้วหรือยัง (ถ้ายังจะเป็น 1 ถ้าอ่านไปแล้วจะเป็น 0)

จากขั้นตอนการทำงานข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็น Timing Diagram ของสัญญาณต่างๆได้เป็น 2 กราฟ

กราฟที่ 1 กราฟที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านข้อมูลแล้วพบว่าสัญญาณพัลส์ความต่างเฟสเป็น OFF

กราฟที่ 2 กราฟที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ อ่านเสร็จแล้วพบว่าสัญญาณพัลส์ความต่างเฟสเป็น OFF

สรุปความต้องการข้างต้น สามารถสร้างเป็นวงจรถติจิตอลได้ดังรูปบนหน้าถัดไป จากรูป เอาท์พุทของเคาท์เตอร์ต่อเข้ากับ Port A และ Port B โดยที่ทั้งสองทำงานแบบ Mode 1 ซึ่งเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ Hand Checking โดยมีขา PC-2 และ PC-4 ทาหน้าที่รับสัญญาณ Strobe ให้กับ Port B และ Port A ส่วน PC-1 ทาหน้าที่ส่งสัญญาณ IBF

เมื่อเคาท์เตอร์นับเสร็จแล้วจะทาให้สัญญาณ B เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ซึ่งทาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างพัลส์ลบซึ่งเป็นสัญญาณ Strobe ส่งไปยัง PC-2 และ PC-4 จากนั้น 8255 จะอ่านข้อมูลจากเคาท์เตอร์ทาง Port A และ Port B พร้อมกับสัญญาณ IBF จะเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 ซึ่งช่วงนี้จะทาให้สัญญาณ A เปลี่ยนจาก 0 มาเป็น 1 เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านข้อมูลจาก Port A และ Port B แล้วสัญญาณ IBF จะเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ซึ่งตอนนี้จะทาการเช็คค่าว่าสัญญาณความต่างเฟสเป็น 1 หรือ 0 ถ้าหากเป็น 0

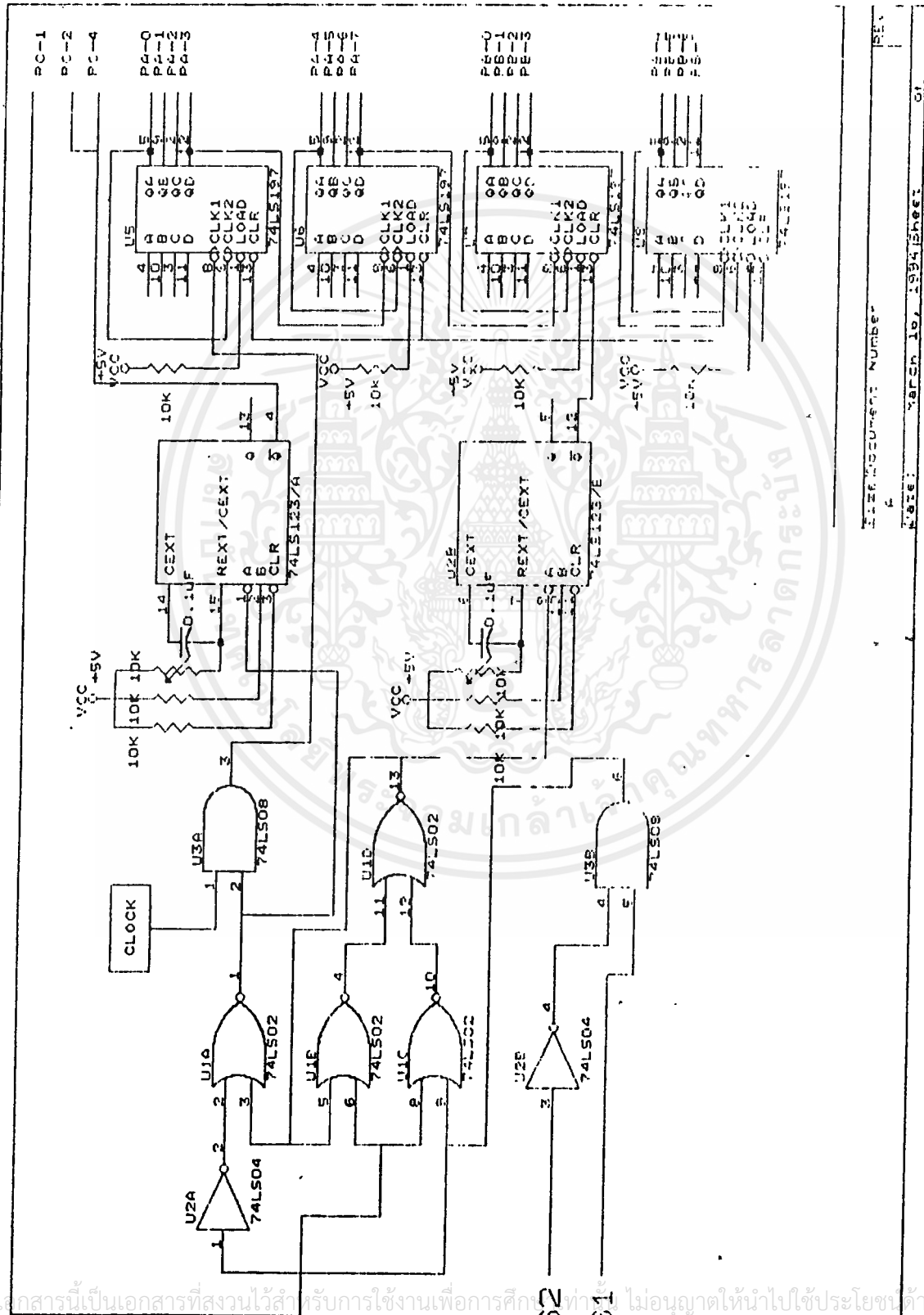
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหาว่าให้สัญญาณ A เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 (ซึ่งจะหาว่าให้รวมสเตเบิลสร้าง สัญญาณเคลียร์ Counter) ถ้าหากสัญญาณความต่างเฟสเป็น 1 จะหาว่าให้สัญญาณ A ยังคงเป็น 1 ต่อไป รอจนกระทั่งสัญญาณความต่างเฟสเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 สัญญาณ A จึงเปลี่ยนลงมาเป็น 0 แล้วจึงมีสัญญาณเบเคลียร์เคาท์เตอร์ เมื่อสัญญาณความต่างเฟสเปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 ขึ้นใหม่ เคาท์เตอร์จึงเริ่มนับใหม่และ เมื่อสัญญาณความต่างเฟสเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 เคาท์เตอร์จึงหยุดนับและการทำงานต่างๆก็จะซ้ำกับที่กล่าวมาแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.40 วงจรโลกจิก

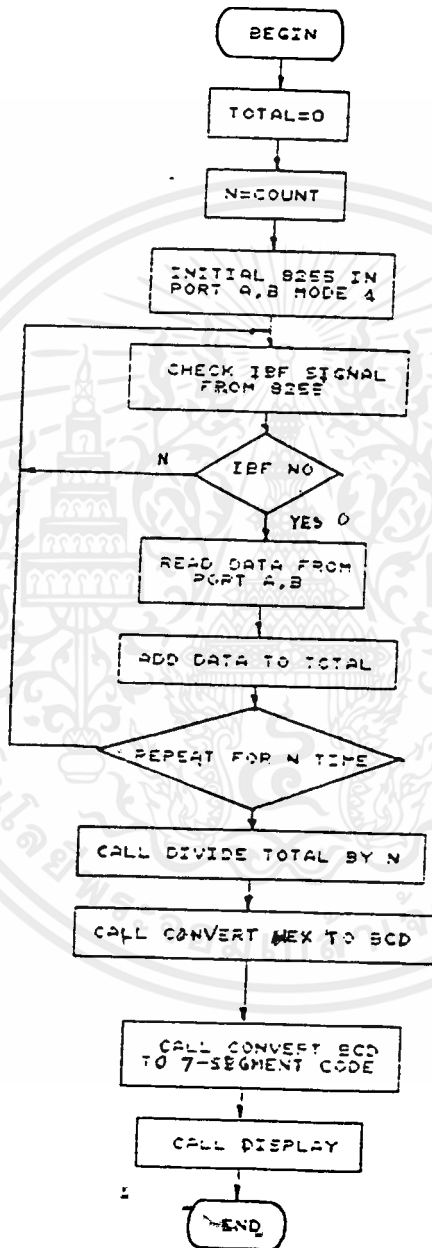


DOCUMENT NUMBER: 6
 Date: March 10, 1994 Sheet 01

S2 S1
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายการทำงานของโปรแกรม

านโปรแกรมนี้จะอ่านค่าข้อมูลจากเคาท์เตอร์ เข้ามาทาง Port A และ Port B โดยที่ Port A และ Port B ทำงานใน Mode 1 ซึ่งมีการรับส่งข้อมูลแบบ Hand Checking โดยที่ขา PC-2 และ PC-4 จะรับสัญญาณ Strobe เข้ามา ส่วน PC-1 จะเป็นตัวสร้างสัญญาณ IBF เพื่อบอกว่ามีข้อมูลอยู่ โปรแกรมจะทำการเช็ท Bit ของ PC-1 ถ้าหากเป็น 1 ก็แสดงว่ามีข้อมูลอยู่ ก็จะอ่านข้อมูลเข้ามาจะอ่านเข้ามา 10 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตของข้อมูล นำข้อมูลทั้ง 10 ค่ามารวมกัน จากนั้นเรียกโปรแกรมย่อยการหาร ซึ่งเมื่อได้ข้อมูลของระยะทางที่เป็นเลขฐาน 16 แล้วก็เรียกโปรแกรมย่อยการแปลงข้อมูลเลขฐาน 16 เป็นข้อมูลเลขฐาน 10 จากนั้นก็เรียกโปรแกรมย่อยของการแปลงเลขฐาน 10 เป็นรหัส 7-SEGMENT ของ COMMON CATHOD ซึ่งตัวเลขที่แสดงผลนี้จะแสดงในหน่วยมิลลิเมตร มีตาสูงสุดถึง 5000 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะสูงสุดเท่าที่เครื่องนี้จะวัดได้ (สามารถวัดระยะทางได้ไกลกว่า 5 เมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถี่ที่นำมาวัดกับแสง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;PROGRAM FOR READ COUNTER AND
;DISPLAY DISTANCE TO 7-SEGMENT
      ORG 0000
PORTA EQU 0E0E0H
PORTB EQU 0E0E1H
PORTC EQU 0E0E2H
CWR   EQU 0E0E3H
CO    EQU 100
CO1   EQU 0H
QU_0  EQU 20H
QU_1  EQU 21H
QU_2  EQU 22H
QU_3  EQU 23H
BCD_0 EQU 24H
BCD_1 EQU 25H
DBUFF EQU 26H
OP_0  EQU 27H
OP_1  EQU 28H
OP_2  EQU 29H
OP_3  EQU 2AH

;-----BEGINING OF PROGRAM-----
;_FOLLOWING INSTRUCTION USE FOR READING PHASE SHIFT DATA
      MOV R7,#00H
      DJNZ R7,$
      DJNZ R7,$
      DJNZ R7,$
      MOV SP,#50H
      MOV DPTR,#CWR
      MOV A,#0B6H
      MOVX @DPTR,A
BEGIN:  MOV R2,#0
      MOV R3,#0
      MOV R4,#0
      MOV R5,#CO
      MOV DPTR,#PORTB
      MOVX A,@DPTR
      MOV DPTR,#PORTC

BACK:   MOVX A,@DPTR
      JNB ACC.1,BACK
      MOV DPTR,#PORTA
      MOVX A,@DPTR
      ADD A,R2
      MOV R2,A
      MOV DPTR,#PORTB
      MOVX A,@DPTR
      ADDC A,R3
      MOV R3,A
      JNC NOINC
      INC R4

NOINC:  MOV DPTR,#PORTC
      DJNZ R5,BACK
      MOV OP_0,R2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV    OP_1,R3
MOV    OP_2,R4
MOV    OP_3,#0
LCALL  DIVIDE
LCALL  HEXTOD
LCALL  DTOSEVEN
LCALL  UNSHOW
MOV    R5,#20H
HERE:  LCALL DISPLAY
       DJNZ  R5,HERE
       SJMP  BEGIN

```

```

;*****
;          CONVERT  HEX TO DECIMAL
;*****

```

```

HEXTOD: MOV    BCD_0,#0
        MOV    BCD_1,#0
        MOV    R2,#16

```

```

BCDLOOP:
        MOV    A,QU_0
        RLC   A
        MOV    QU_0,A
        MOV    A,QU_1
        RLC   A
        MOV    QU_1,A

```

```

-----
ADJ:    MOV    R3,#2
        MOV    R0,#BCD_0
        MOV    A,@R0
        ADDC  A,@R0
        DA   A
        MOV    @R0,A
        INC  R0
        DJNZ  R3,ADJ
        DJNZ  R2,BCDLOOP
        RET

```

```

;*****
;          CONVERT  BCD TO 7-SEGMENT
;*****

```

```

DTOSEVEN:
        LCALL  UNPACK
        MOV    R4,#4
        MOV    DPTR,#SEGCODE
        MOV    R1,#DBUFF
SEVEN2:  MOV    A,@R1
        MOVC  A,@A+DPTR
        MOV    @R1,A
        INC  R1
        DJNZ  R4,SEVEN2
        RET

```

```

SEGCODE:DB    3FH,06H,5BH,4FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH,6DH,40H

```

```

;*****
;          UNPACK
;*****

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

UNPACK:  MOV    R0,#BCD_1
          MOV    R1,#DBUFF
          MOV    R5,#2
PACK1:   MOV    A,@R0
          ANL   A,#0F0H
          SWAP  A
          MOV   @R1,A
          INC   R1
          MOV   A,@R0
          ANL   A,#0FH
          MOV   @R1,A
          DEC   R0
          INC   R1
          DJNZ  R5,PACK1
          RET

```

```

;*****
;      UNSHOWN ZERO DATA IN FRONT POSITION
;*****

```

```

UNSHOW:  MOV    R0,#DBUFF
          MOV    R2,#4
UNSHOW2: MOV    A,@R0
          CJNE  A,#3FH,TAIL
          MOV   @R0,#00H
          INC   R0
          DJNZ  R2,UNSHOW2

```

```

TAIL:    RET
;*****
;      DISPLAY TO 7-SEGMENT
;*****

```

```

DISPLAY: MOV    R2,#4
          MOV    R3,#11110011B
          MOV    R0,#DBUFF
SCAND:   MOV    A,R3
          MOV    P3,A
          MOV    A,@R0
          MOV    P1,A
          LCALL  DELAY
          CLR   A
          MOV   P1,A
          INC   R0
          MOV   A,R3
          ADD   A,#04H
          MOV   R3,A
          DJNZ  R2,SCAND
          RET

```

```

;*****
;      DIVIDES THE 32 BIT OF TOTAL BY CO
;*****

```

```

DIVIDE:  MOV    R6,#0
          MOV    R7,#0
          MOV    QU_0,#0
          MOV    QU_1,#0
          MOV    QU_2,#0
          MOV    QU_3,#0

```

```

MOV R1,#C01
MOV R0,#C0
MOV R5,#32
DIV_LOOP:
LCALL SHIFT_D
MOV A,R6
RLC A
MOV R6,A
MOV A,R7
RLC A
MOV R7,A

CLR C
MOV A,R7
SUBB A,R1
JC CANT_SUB

JNZ CAN_SUB
CLR C
MOV A,R6
SUBB A,R0
JC CAN_SUB
CAN_SUB:
CLR C
MOV A,R6
SUBB A,R0
MOV R6,A
MOV A,R7
SUBB A,R1
MOV R7,A
SETB C
SJMP QUOT
CANT_SUB:
CLR C
QUOT: LCALL SHIFT_Q
DJNZ R5,DIV_LOOP
; _____ TO ADJUST THE REMAINDER _____
CLR C
MOV A,#C0/2
SUBB A,R6
JNC DONT
MOV A,#1
ADD A,QU_0
MOV QU_0,A
JNC DONT
INC QU_1
DONT: RET
;*****
;SUBROUTINE FOR SHIFT DIVIDENT ONE BIT TO THE LEFT
;AND RETURN THE MSB IN CARRY FLAG
;*****
SHIFT_D:
CLR C
MOV A,OP_0
RLC A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     OP_0,A
MOV     A,OP_1
RLC     A
MOV     OP_1,A
MOV     A,OP_2
RLC     A
MOV     OP_2,A
MOV     A,OP_3
RLC     A
MOV     OP_3,A
RET

```

```

;*****
;SUBROUTINE FOR SHIFT QUOTIENT ONE BIT TO THE LEFT
;AND SHIFT THE CARRY INTO LSB
;*****

```

SHIFT_Q:

```

MOV     A,QU_0
RLC     A
MOV     QU_0,A
MOV     A,QU_1
RLC     A
MOV     QU_1,A
MOV     A,QU_2
RLC     A
MOV     QU_2,A
MOV     A,QU_3
RLC     A
MOV     QU_3,A
RET

```

```

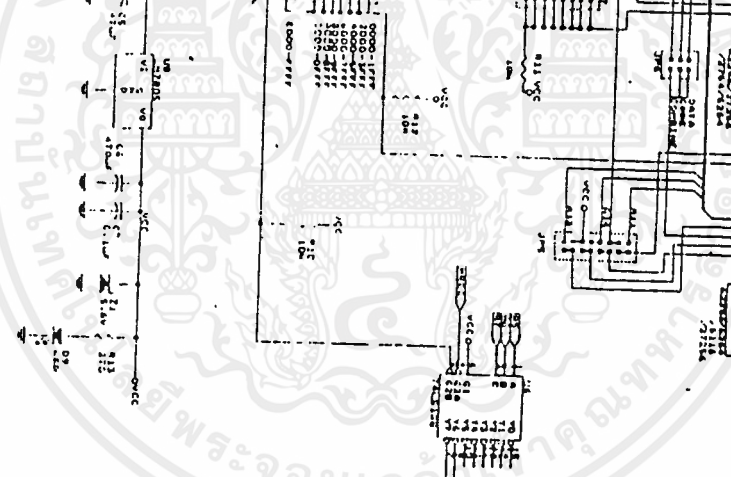
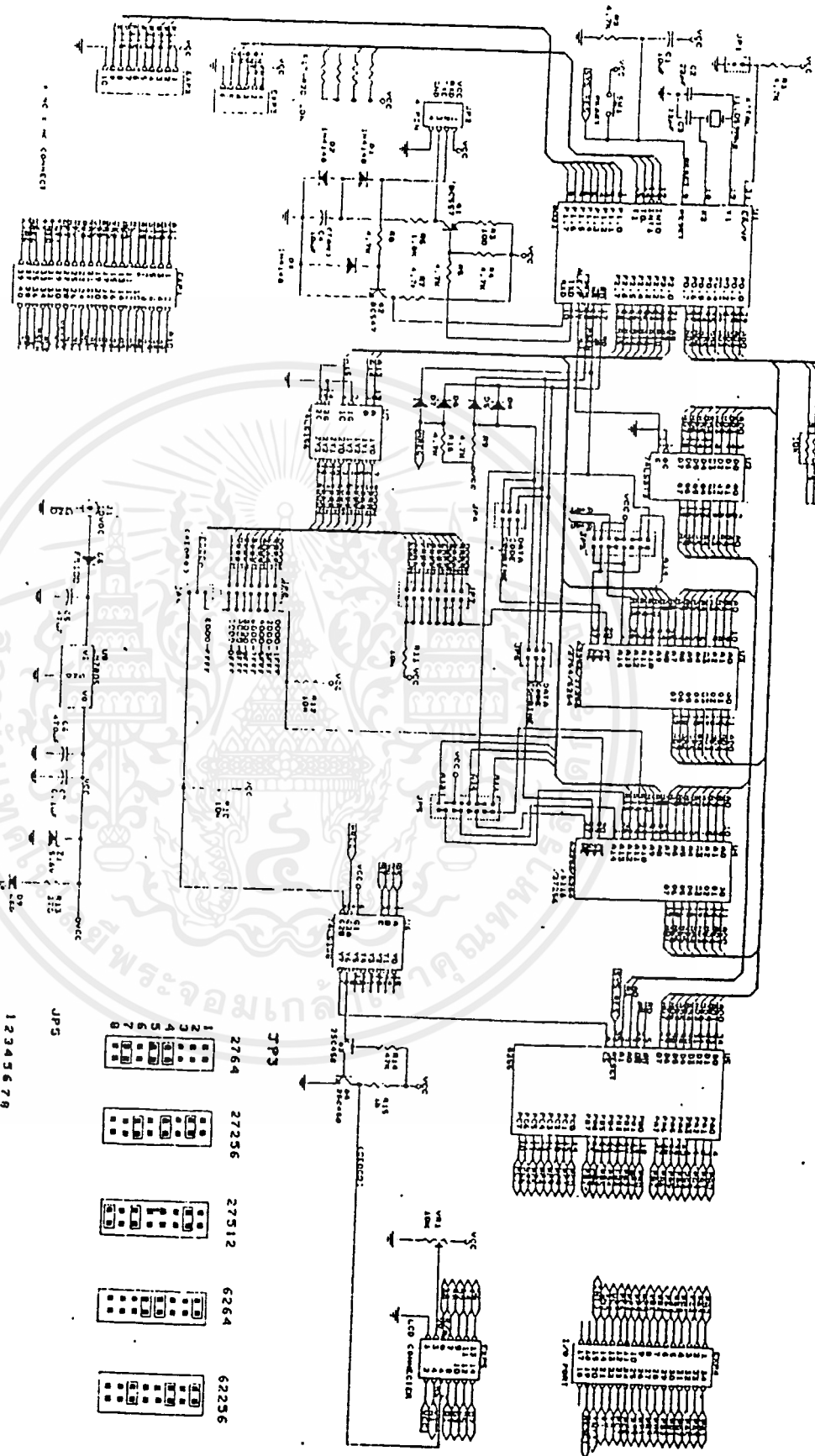
;*****
;          DELAY SUBROUTINE
;*****

```

```

DELAY:  MOV     R6,#08H
DELAY2: MOV     R7,#0H
DELAY3: DJNZ   R7,DELAY3
        DJNZ   R6,DELAY2
        RET
        END

```



- JP5
- 1 2 3 4 5 6 7 8
 - 6 1 1 5
 - 6 2 6 4
 - 2 7 2 3 6

12345678	2764	27256	27512	6264	62256
6115					
6264					
27236					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

1. เนื่องจากความถี่ที่ใช้งานในโครงการงานมีความถี่ที่สูงมากถึง 15 เมกะเฮิร์ต ทำให้มีปัญหาในการรับสัญญาณ โดยจะเกิดสัญญาณรบกวนขึ้นในส่วนของภาครับทำให้ความถี่ที่รับได้มีค่าไม่แน่นอนถ้าใช้เกาท์เตอร์จับที่ภาครับดูก็จะเห็นว่าความถี่ที่ค่าที่ไม่ค่อยแน่นอนเกิดมาจากการออสซิลเลรของส่วนวีทีโกแลมป์

2. สามารถรับสัญญาณความถี่ 15 เมกะเฮิร์ต ได้โดยใช้เกาท์เตอร์วัดสัญญาณที่ออสซิลเลท 1 และ 2 มีผลต่างกัน 2 กิโลเฮิร์ต

3. ในบางครั้ง เราสามารถรับสัญญาณจากภาครับได้โดยความถี่ที่ไคจะคงเท่ากับ ความถี่ของภาคส่ง จึงจะเป็นความถี่ในการรับที่ถูกต้อง เมื่อยังส่งเลเซอร์ผ่านกระจก แล้วทำการเลื่อนกระจกให้ห่างออกไป เฟสของสัญญาณภาครับก็จะเลื่อนออกไปด้วยโดยแปรผันตามระยะที่กระจกเคลื่อนออกไป

4. เราสามารถตรวจสอบวงจรมิกเซอร์แบบคพาสฟิลเตอร์ เฟสชิฟเตอร์วีโรครอสซิงของภาครับและภาคส่ง ได้โดยนำสายสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ 1 ไล่เข้าที่ขาอินพุทของวงจรมิกเซอร์, แบบคพาสฟิลเตอร์ และวีโรครอสซิงของภาครับทำงานสัญญาณที่ไคจะคงมีความถี่เหมือนกับสัญญาณที่ออกมาจากมิกเซอร์, แบบคพาสฟิลเตอร์ และวีโรครอสซิง และเฟสชิฟเตอร์ของภาคส่ง คือ 2 กิโลเฮิร์ต โดยให้ระยะวัด 0.00 เมตร มีเฟสของภาครับและภาคส่ง หันกันพอดี โดยสามารถปรับสัญญาณทั้ง 2 ให้หันกันพอดีได้โดยปรับค่า R ที่เฟสชิฟเตอร์

สรุปและวิจารณ์

1. ในการวัดเฟสไม่อาจวัดความถี่ที่ส่งมาได้โดยตรงซึ่งความถี่ที่ส่งมาในระบบของการวัดระยะทางนี้มีความถี่สูงมากหลายเมกะเฮิรตส จึงใช้ระบบเฮเทอโรไดน์ (Heterodyne) สร้างความถี่ 2 ความถี่จาก Local Oscillator เพื่อทำให้ความถี่ที่ได้รับเป็นความถี่ต่ำในช่วงกิโลเฮิรตส จากวงจร Mixer และ Band Pass Filter แล้วนำไปทำให้สัญญาณ Analog เป็น Digital โดยวิธี Zero Crossing เพื่อนำไปสู่การเปรียบเทียบเฟส

ซึ่งเฟสที่วัดได้จะบอกความแตกต่างของเฟสจาก 0 - 180 องศา ซึ่งความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ได้ เป็นสัดส่วนกับระยะทาง สำหรับการนับจำนวนสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ f_0 ครอบคลุมแล้วจะมากกว่า เป็นหลายร้อยเท่าของความถี่ f_m (f_m คือความถี่อ้างอิง 2 KHz) จะถูกบ่อนเข้าวงจรนับ

ดังนั้นจำนวนการนับที่ N_ϕ จะเป็นสัดส่วนเดียวกับความต่างเฟส อาจถูกกำหนดได้โดย

$$N_\phi = \frac{\phi}{360} N_T$$

เมื่อ N_T = จำนวนของการนับสัญญาณพัลส์ ซึ่งพอดีกับเฟส 360 องศา หรือรอบของสัญญาณอ้างอิง

ความสัมพันธ์นี้อาจเปลี่ยนมาใช้ย่านเทอมของความถี่ f_0 และ f_m ได้ดังนี้

$$N_\phi = \left(\frac{\phi}{360} \right) f_0$$

$$(360) f_m$$

ซึ่งงานตรงงานนี้ออกแบบไว้ระยะทาง 5 เมตร และส่งสัญญาณด้วยความถี่ 15 MHz ซึ่งมีความยาวคลื่น 20 เมตร สัญญาณข้างอิง 2 KHz เพื่อแสดงค่าระดับมิลลิเมตร ดังนั้นจะต้องใช้จำนวนสัญญาณพัลส์ ในการนับ $N = 5000$ ลูก เมื่อมีการเลื่อนเฟสมากที่สุด ดังนั้น

$$5000 = \frac{180}{360} f_0$$

$$2000$$

$f_0 = 20$ MHz ดังนั้นต้องต่อป้อน clock 20 MHz เข้าวงจรนับ

2. การส่งและรับด้วยเลเซอร์ไดร็อคและทรานสดิวเซอร์ เพื่อนำไปใช้งานจริงจะทำได้ยากมาก เพราะจะต้องรับส่งกับตัวสะท้อนที่มีผิวเรียบและสะท้อนได้ดีและที่สำคัญการรับส่งต้อง set อุปกรณ์ที่เหมาะสมพอดีกับงานรับส่ง หากผิดเพี้ยนไปจะไม่ได้ผลตามต้องการ

สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นในตัวรับสัญญาณที่ทรานสดิวเซอร์จะมีปัญหา Noise รบกวนอย่างมากที่ความถี่ 15 MHz ดังนั้นวงจรต้องมีระบบ Ground ที่ดีเพื่อไม่ให้เกิด Ground Loop รัศมีเฉพาะที่ความถี่หลายๆ เพราะจะเกิดขึ้นในตัววงจรที่มีความไว (Sensitivity) สูงหรือมีอัตราขยายสัญญาณสูง ซึ่งสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

การแก้ปัญหานี้ในการรับส่ง จะใช้เลนส์รวมแสงให้เป็นจุดเดียวเพื่อการรับที่ดีขึ้นเพราะถ้ายิงส่งไกล beam ของแสงจะกระจายเป็นวงมากขึ้นซึ่งอาจถูก Noise จากบรรยากาศรบกวนได้ง่าย

สำหรับตัวภาครับควรจะมีการ shield ก่อสภาพรับแยกต่างหากเพื่อขจัด Noise ที่ไม่ต้องการ

3. ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง หากวงจร Oscillator 2 ภาคซึ่งผ่าน Mixer ได้ความถี่ที่ต่ำลง ในกรณีความถี่ที่ผิดเพี้ยนไปจากการ set ค่า

B และ C จะเป็นดังนี้

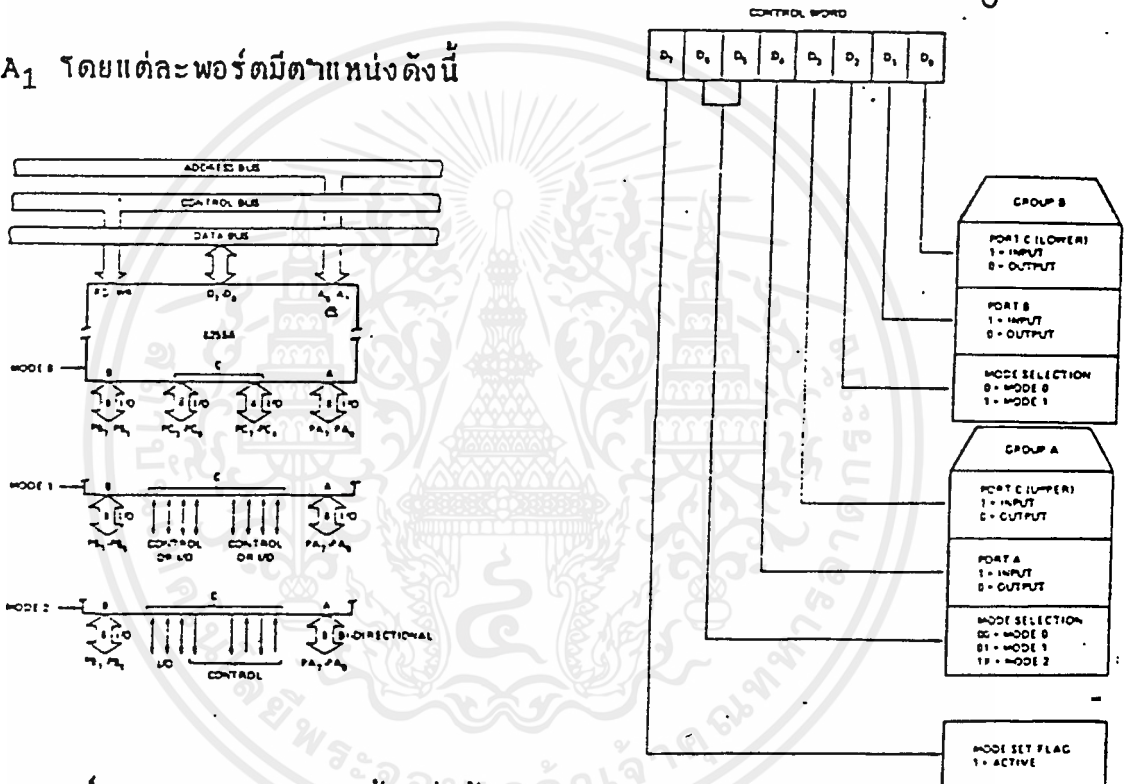
การรับข้อมูล

สัญญาณ IBF เป็นตัวบอกว่าขณะนี้ 8255 ยังมีข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหาก IBF เป็น 1 แสดงว่ายังมีข้อมูลอยู่ อุปกรณ์ภายนอกยังจำเป็นต้องส่งข้อมูลมา แต่ถ้า IBF เป็น 0 จึงส่งข้อมูลมาได้ โดยอุปกรณ์ภายนอกจะส่งสัญญาณ strobe มา ถ้า strobe เป็น 1 8255 ยังจำเป็นต้องส่งข้อมูลมา เมื่อ strobe เป็น 0 8255 จึงอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าเก็บไว้ พร้อมกับที่สัญญาณ IBF จะเปลี่ยนเป็น 1 ด้วย ในขณะนี้ถ้าหาก strobe เปลี่ยนเป็น 1 ก็จะทำให้ 8255 ส่ง INTR มีค่าเป็น 1 ออกมา ไมโครโปรเซสเซอร์จะเช็คว่ามีข้อมูลอยู่ใน 8255 หรือไม่ โดยการเช็คสัญญาณ IBF ว่าเป็น 1 หรือ 0 โดยถ้าเป็น 1 ก็อ่านข้อมูลจากพอร์ต A หรือ B แล้วแต่ว่า พอร์ตไหนทำงาน หรืออาจจะเช็คได้อีกโดยการต่อ INTR เข้าที่ขา interrupt ของไมโครโปรเซสเซอร์ เมื่อ INTR เป็น 1 ก็จะไปทำงานที่โปรแกรมตอบสนอง interrupt ไปอ่านข้อมูลจากพอร์ต A หรือ B ออกมา เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์อ่านข้อมูลออกแล้ว จะทำให้สัญญาณ IBF เปลี่ยนเป็น 0 เพื่อให้ อุปกรณ์ภายนอกส่งข้อมูลใหม่เข้ามา

ภาคผนวก ก

การใช้งาน 8255 เพื่อรับข้อมูลใน mode 1

วงจรรวมเบอร์ 8255 เป็นวงจรรวมที่ทาทหน้าที่เป็นพอร์ตแบบขนาน โดยมีพอร์ตในการติดต่ออยู่ทั้งหมด 4 พอร์ตแต่ละพอร์ตมีขนาดข้อมูล 8 บิต โดยมีขาแอดเดรสในการอ้างตำแหน่งของพอร์ต ขนาด 2 บิตคือ A_0 และ A_1 โดยแต่ละพอร์ตมีตำแหน่งดังนี้



พอร์ต A, B และ C ใช้ติดต่อกับ I/O ส่วน CWR เป็น control word register ซึ่งใช้ติดต่อกับ ไมโครโปรเซสเซอร์ได้อย่างเดียว โดยไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งคำสั่งควบคุมมาทาง CWR เพื่อกำหนดให้พอร์ต A, B, C ทำงานในโหมดต่างๆ ซึ่งแต่ละบิตของ CWR จะมีความหมายดังรูป A-1 ซึ่งรูปแบบของการติดต่อกับ I/O ในโหมดต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูป A-2

MODE 0		
	IN	OUT
PA ₀ -PA ₇	IN	OUT
PB ₀ -PB ₇	IN	OUT
PC ₀	INTR _B	INTR _B
PC ₁	IBF _B	OBF _B
PC ₂	STB _B	ACK _B
PC ₃	INTR _A	INTR _A
PC ₄	STB _A	I/O
PC ₅	IBF _A	I/O
PC ₆	I/O	ACK _A
PC ₇	I/O	OBF _A

เมื่อพอร์ตต่างๆถูกสั่งให้ทำงานใน

Mode 0 คือให้พอร์ตต่างๆทำงานในการรับหรือส่งข้อมูลตามธรรมดา

Mode 1 คือให้พอร์ต A หรือพอร์ต B ทำงานในการรับหรือส่งข้อมูลแบบ Hand Checking โดยมีขาต่างๆของพอร์ต C ทำหน้าที่เช็คความสอดคล้องของการรับส่งข้อมูลที่ถูกต้อง

Mode 2 คือให้พอร์ต A ทำการรับส่งข้อมูลแบบ 2 ทางโดยมีขาของพอร์ต C ทำหน้าที่เช็คสถานะการรับส่ง

การทำงานของ 8255 ใน Mode 1

เมื่อพอร์ต A หรือ B ถูกสั่งให้ทำงานใน Mode 1 มีขาต่างๆของพอร์ต A,

ไว้แล้วคือตัวแรก 15 MHz ตัวที่สองทำห่างกัน 2 KHz คือ $15 + 2 \text{ KHz}$ ซึ่งเกิดจากสภาพอากาศ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง จะทำให้สัญญาณที่ออกจาก Mixer ไม่เท่ากับค่าที่ set ไว้คือ 2 KHz ทำให้การคำนวณระยะทางเกิดผิดพลาดขึ้นได้ เนื่องจากในส่วนของ logic ได้มีการกำหนดให้ทำงานที่ความถี่ 2 KHz



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์ สมศักดิ์ เขียวศิริกุลในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในระหว่างการทำโครงการงาน และปริญาานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งแต่ต้นจนจบการศึกษาให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี รวมทั้งคณาจารย์และเพื่อนนักศึกษาภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. John L. Hilburn , "Manual Of Active Filter Design",
McGraw-Hill, Inc., 1973
2. Hewlett-packard Company , "Hewlett-Packard Journal",
Printed in U.S.A., June 1980 (Volume 31)
3. ถวิล พึ่งมา , "การออกแบบวงจรทางโทรคมนาคม" ภาควิชาโทรคมนาคม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด
ลาดกระบัง , พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2534
4. "PC-SCB1 USER MANUAL", ETT CO., LTD.
5. "Linear Data Manual Communications 1",
Signetics Corporation. Printed in U.S.A., 1987
6. "Linear Databook", National Semiconductor Corporation.
Printed in U.S.A., 1987